

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN:

SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN VISUAL PARA  
EL CONTROL DE FLOTAS BASADO EN GPS**

AUTOR: JAVIER CERRATO MIRANDA

TUTOR: DR. VÍCTOR P. GIL JIMÉNEZ

OCTUBRE 2011



Título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN VISUAL PARA EL CONTROL DE FLOTAS BASADO EN GPS

Autor: JAVIER CERRATO MIRANDA

Director: DR. VÍCTOR P. GIL JIMÉNEZ

#### EL TRIBUNAL

Presidente: Ana García Armada

Vocal: Jesús Arias Fisteus

Secretario: Marcelino Lázaro Teja

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 28 de Octubre de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



# Agradecimientos

Gracias. Una palabra que, con siete letras y una sonrisa, hace aflorar lo mejor de los sentimientos. Una palabra que consigue demostrar que el apoyo que he recibido a lo largo de todo este tiempo realmente ha servido para algo.

Repasando mentalmente, hay mucha gente a la que quiero agradecer el haber estado ahí, pero principalmente y en primer lugar quiero dar las gracias a los "pesados" de mis padres. Sin ellos, esto no hubiera llegado ni siquiera a empezar. Ellos han sido los que han estado continuamente recordándome que tenía que seguir, que no podía abandonar. El que llegue a ser un ingeniero es, sin duda alguna, en gran parte un mérito suyo. Gracias por vuestro apoyo. Gracias por estar ahí.

A todos mis compañeros de Universidad. Todos hemos pasado por esto, así que todos sabemos lo duro que puede llegar a hacerse. Han sido muchos años con vosotros, probablemente los mejores de mi vida. Eso es algo que no voy a olvidar jamás. Gracias por todo eso y por lo que nos queda...

Como olvidar a toda la gente del barrio, los amigos de toda la vida, los que están en los buenos y en los malos momentos. Siempre me habéis apoyado y me habéis dado ánimos para no tirar la toalla. Esto, en parte, también es vuestro. Gracias por confiar en mí.

Irene, qué decirte. Tú sabes más que nadie lo que me ha costado terminar este proyecto. Si ya decidimos compartir toda nuestra vida juntos, este proyecto es tan tuyo como mío. Gracias por tus abrazos, por tu sonrisa y, porque al final, has sido el pilar en el que me he apoyado para terminar.

Además, no me puedo olvidar de Víctor, mi tutor. Él me dio la oportunidad de realizar este proyecto y, gracias a él, lo he podido terminar. Gracias por tus consejos y tu apoyo hasta el final.

Sólo me queda agradecer al resto de personas que, de una manera u otra, me han servido de motivación con sus consejos y su ayuda. Gracias a toda la gente del trabajo, el día a día ha hecho que lo que empezó en un curso termine en una gran amistad. A la gran familia que formamos los monitores del Grupo, simplemente por ser como sois y lo que dais sin pedir nada a cambio. Y, por último, gracias a toda la familia, que habéis esperado casi tanto como yo a que por fin termine. A todos vosotros, Gracias.

# Resumen

Al igual que Helios, Dios griego del Sol, surcaba el cielo en su carro divisando a la humanidad y conociendo en todo momento donde se encontraba cada persona, actualmente los modernos sistemas de posicionamiento nos permiten conocer nuestra posición o localizar la ubicación de otros posibles dispositivos.

HELIOS GPS TRACKING es una aplicación cliente-servidor que, haciendo uso del sistema GPS (*Global Positioning System*) y de la aplicación Google Maps, permite conocer la posición de un vehículo en tiempo real. Esto es posible mediante una comunicación desde el cliente, instalado en el vehículo, hasta el servidor, donde se procesará la señal y se mostrará en un mapa dicha posición junto con información sobre la misma.

De esta manera se cubre la necesidad existente en ciertas empresas de tener controlada la posición de todos sus vehículos de una manera rápida, fácil y económica. Esto es lo que se conoce como sistemas de gestión de flotas y la aplicación HELIOS GPS TRACKING se engloba dentro de éstos.

**Palabras clave:** GPS, gestión de flotas, satélite, GLONASS, GALILEO, protocolo de comunicación, Google Maps, trama NMEA 0183.





# Abstract

Like the Greek god Helios flew through the sky in his chariot watching humanity and knowing at any time where each person was, now modern positioning systems allow us to know our position or to find the location of other possible devices.

HELIOS GPS TRACKING is a client-server application, using GPS system and Google Maps application, lets us know the position of a vehicle in real time. This is possible by a communication from the client, installed in the vehicle, to the server, where the signal is processed and the position is displayed on a map with the information about it.

This application will cover needs of some companies to have under control the position of all their vehicles in a fast, easy and economical way. This is known as fleet management and HELIOS GPS TRACKING is included within these.

**Keywords:** GPS, fleet management, satellite, GLONASS, GALILEO, communication protocol, Google Maps, NMEA 0183 frame.



# Índice

<b>1. Introducción y objetivos.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Fases de desarrollo .....	2
1.4. Medios empleados.....	2
1.5. Estructura de la memoria .....	3
<b>2. Sistema de Posicionamiento Global.....</b>	<b>5</b>
2.1. Descripción.....	5
2.2. Historia.....	5
2.3. Estructura.....	7
2.3.1. Segmento espacial.....	7
2.3.2. Segmento de control .....	9
2.3.3. Segmento de usuario .....	10
2.4. Métodos de posicionamiento .....	10
2.4.1. Triangulación.....	11
2.4.2. Cálculo de distancias .....	14
2.4.3. Midiendo el tiempo .....	15
2.4.4. Localización de los satélites .....	16
2.4.5. Corregir errores.....	16
2.5. Comunicación .....	18
2.5.1. Mensajes NAV .....	19

2.5.2.	NMEA 0183.....	21
2.6.	Mejorar la precisión .....	24
2.6.1.	DGPS.....	24
2.6.2.	SBAS.....	26
2.7.	Futuro del GPS .....	29
2.7.1.	Nuevas señales.....	29
2.7.2.	Nuevos satélites .....	31
2.8.	Otros sistemas GNSS actuales .....	33
2.8.1.	GLONASS .....	33
2.8.2.	GALILEO .....	34
2.8.3.	COMPASS.....	35
3.	<b>Gestión de flotas.....</b>	<b>37</b>
3.1.	Descripción.....	37
3.2.	Seguimiento del vehículo.....	37
4.	<b>Estructura de la aplicación .....</b>	<b>39</b>
4.1.	Introducción.....	39
4.2.	Servidor.....	40
4.3.	Cliente .....	40
4.4.	Base de datos.....	41
4.5.	Protocolo de comunicación .....	43
4.5.1.	Cabecera.....	43
4.5.2.	Contenido .....	44
4.5.3.	Cola.....	51
5.	<b>Diseño de los procesos.....</b>	<b>53</b>
5.1.	Introducción.....	53
5.2.	Servidor.....	53
5.2.1.	Pantalla de login .....	53
5.2.2.	Pantalla de conexión .....	55
5.2.3.	Pantalla de mapa.....	59
5.2.4.	Pantalla de configuración de clientes .....	67
5.2.5.	Pantalla de cambio de contraseña .....	72
5.2.6.	Pantalla de configuración de usuarios .....	73
5.2.7.	Pantalla de trazas .....	77

5.2.8.	Menú .....	81
5.2.9.	Pie de la aplicación .....	92
5.2.10.	Conexión con los clientes .....	93
5.3.	Cliente .....	96
5.3.1.	Hilo principal .....	96
5.3.2.	Conexión con el servidor .....	97
5.3.3.	Proceso de captura y envío de posiciones .....	98
5.3.4.	Recepción de datos desde el servidor .....	99
6.	<b>Conclusiones.....</b>	<b>101</b>
6.1.	Conclusiones .....	101
7.	<b>Futuras líneas de desarrollo .....</b>	<b>103</b>
7.1.	Introducción.....	103
7.2.	Evolución hacia una aplicación web .....	103
7.3.	Uso de una nueva base de datos .....	104
7.4.	Uso de GPRS en la comunicación cliente-servidor .....	104
7.5.	Nuevo cliente autónomo .....	105
8.	<b>Presupuesto.....</b>	<b>107</b>
8.1.	Introducción.....	107
8.2.	Fases del PFC.....	107
8.2.1.	Análisis del problema planteado.....	108
8.2.2.	Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del servidor .....	108
8.2.3.	Desarrollo de la pantalla de 'Login' .....	108
8.2.4.	Desarrollo de la pantalla de 'Cambio de contraseña' .....	108
8.2.5.	Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de usuarios' .....	108
8.2.6.	Desarrollo de la pantalla de 'Conexión' .....	109
8.2.7.	Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de clientes' .....	109
8.2.8.	Desarrollo de la pantalla de 'Mapa' .....	109
8.2.9.	Diseño y desarrollo de la base de datos.....	109
8.2.10.	Desarrollo del menú de la aplicación .....	109
8.2.11.	Desarrollo del pie de la aplicación .....	110
8.2.12.	Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del cliente.....	110
8.2.13.	Desarrollo de la pantalla de 'Trazas' .....	110
8.2.14.	Desarrollo de la conexión del cliente .....	110

8.2.15.	Desarrollo del proceso de captura y procesado de la señal GPS .....	110
8.2.16.	Desarrollo de la conexión del servidor.....	111
8.2.17.	Documentación y memoria .....	111
8.3.	Diagrama de Gantt.....	111
8.4.	Valoración económica.....	112
8.4.1.	Gastos personales .....	112
8.4.2.	Gastos materiales.....	113
8.4.3.	Otros gastos directos.....	114
8.4.4.	Gastos totales del proyecto .....	114

# Índice de figuras

Fig. 1: órbitas de la constelación GPS .....	7
Fig. 2: señales en un satélite GPS.....	8
Fig. 3: plano con un punto de referencia.....	11
Fig. 4: plano con dos puntos de referencia.....	12
Fig. 5: plano con tres puntos de referencia .....	12
Fig. 6: un satélite .....	13
Fig. 7: dos satélites.....	13
Fig. 8: tres satélites .....	14
Fig. 9: DOP (satélites juntos) .....	17
Fig. 10: DOP (satélites separados) .....	18
Fig. 11: mensaje NAV .....	19
Fig. 12: TLM y HOW.....	20
Fig. 13: cobertura mundial DGPS.....	25
Fig. 14: cobertura SBAS.....	26
Fig. 15: cobertura WAAS .....	27
Fig. 16: cobertura EGNOS .....	28
Fig. 17: diagrama entidad-relación .....	42
Fig. 18: proceso de login .....	54
Fig. 19: proceso para iniciar/parar la conexión .....	55
Fig. 20: proceso para ver la pantalla de 'Mapa' de un cliente desde la pantalla de 'Conexión' .....	56

Fig. 21: proceso para ver la pantalla de 'Configuración' de un cliente desde la pantalla de Conexión .....	57
Fig. 22: acción que invoca al proceso de log.....	58
Fig. 23: proceso para ver las trazas de un cliente en la pantalla de 'Mapa' .....	59
Fig. 24: proceso para retroceder a la primera posición.....	60
Fig. 25: proceso para retroceder 10 posiciones .....	61
Fig. 26: proceso para retroceder a la posición anterior .....	62
Fig. 27: proceso para avanzar a la siguiente posición .....	63
Fig. 28: proceso para avanzar 10 posiciones .....	64
Fig. 29: proceso para avanzar a la última posición .....	65
Fig. 30: proceso para filtrar las posiciones del cliente por fecha .....	66
Fig. 31: proceso para mostrar un número determinado de posiciones .....	67
Fig. 32: proceso para dar de alta un nuevo cliente .....	68
Fig. 33: proceso para ver los datos de configuración de un cliente .....	69
Fig. 34: proceso para modificar los parámetros de configuración de un cliente .....	70
Fig. 35: proceso para borrar un cliente.....	71
Fig. 36: proceso para cambiar la contraseña del usuario .....	72
Fig. 37: proceso para crear un nuevo usuario .....	73
Fig. 38: proceso para ver los datos del usuario .....	74
Fig. 39: proceso para modificar los datos del usuario .....	75
Fig. 40: proceso para borrar un usuario .....	76
Fig. 41: proceso para ver las trazas de un cliente borrado.....	77
Fig. 42: proceso para eliminar las trazas de un cliente borrado.....	78
Fig. 43: proceso para eliminar definitivamente un cliente previamente borrado .....	79
Fig. 44: proceso para restaurar un cliente previamente borrado .....	80
Fig. 45: proceso para guardar el log de un usuario .....	81
Fig. 46: proceso para cerrar la aplicación .....	82
Fig. 47: proceso para acceder a la pantalla de cambio de contraseña.....	83
Fig. 48: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y dar de alta uno.....	84
Fig. 49: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y modificar uno.....	85
Fig. 50: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y borrar uno.....	86
Fig. 51: proceso para desconectar el usuario actual .....	87



Fig. 52: proceso para acceder a la pantalla de ‘Conexión’ .....	88
Fig. 53: proceso para acceder a la pantalla de ‘Configuración de cliente’ .....	89
Fig. 54: proceso para acceder a la pantalla de ‘Trazas’ .....	90
Fig. 55: proceso para acceder a la pantalla de ‘Mapa’ .....	91
Fig. 56: proceso para mostrar el cuadro ‘Acerca de...’ .....	92
Fig. 57: proceso para mostrar un mensaje en el pie de la aplicación .....	92
Fig. 58: proceso para aceptar la conexión de un cliente .....	93
Fig. 59: proceso para el envío de datos al cliente.....	94
Fig. 60: proceso para la recepción de datos desde el cliente.....	95
Fig. 61: hilo principal.....	96
Fig. 62: proceso del hilo de la conexión.....	97
Fig. 63: proceso del hilo de captura y envío de posiciones .....	98
Fig. 64: proceso del hilo de recepción de datos .....	99
Fig. 65: diagrama de Gantt.....	112



# Índice de tablas

Tabla 1: protocolo de comunicación .....	43
Tabla 2: tipos y subtipos de mensajes .....	44
Tabla 3: mensaje de envío de login de cliente.....	45
Tabla 4: mensaje ACK de respuesta del servidor al login del cliente .....	45
Tabla 5: mensaje de envío de posición .....	47
Tabla 6: mensaje ACK de respuesta del servidor al envío de posición.....	48
Tabla 7: mensaje de solicitud para modificar los datos del cliente.....	48
Tabla 8: mensaje ACK de respuesta del cliente a la trama de control .....	48
Tabla 9: mensaje error: nombre de cliente incorrecto .....	49
Tabla 10: mensaje error: contraseña incorrecta .....	49
Tabla 11: mensaje error: cliente ya conectado .....	49
Tabla 12: mensaje error: posición no válida.....	50
Tabla 13: mensaje error: no se ha podido hacer el cambio solicitado en el cliente ..	50
Tabla 14: mensaje error: error interno en el servidor .....	51
Tabla 15: mensaje error: error interno en el cliente .....	51
Tabla 16: horas por tarea y horas totales.....	113
Tabla 17: total gastos personales .....	113
Tabla 18: total gastos materiales.....	114
Tabla 19: total otros gastos directos .....	114
Tabla 20: gastos totales del proyecto .....	115



# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1. Introducción

En la actualidad, existen una gran cantidad de empresas que para cumplir sus objetivos necesita hacer uso de vehículos: empresas de transporte, mensajería y logística, alquiler de vehículos, flotas de taxis, reparto de grandes superficies, ambulancias, etc... Todas estas empresas necesitan conocer con exactitud dónde se encuentran sus vehículos para poder dar un servicio eficiente, sin retrasos y con garantía.

Aquí es donde entra en juego la gestión de flotas. Mediante un receptor GPS instalado en el vehículo, un medio de comunicación con la central, y un software específico que procese los datos recibidos, se puede tener control de la totalidad de la flota de vehículos, permitiendo conocer al instante su localización exacta.

### 1.2. Objetivos

Mediante este Proyecto Final de Carrera (en adelante PFC) se trata de dar una solución sencilla y fácil de implantar al problema de la gestión de flotas, permitiendo una implementación cómoda y rápida en cualquier vehículo al que se le quiera equipar con esta tecnología.

Además, se pretende ahondar en el pasado, presente y, sobre todo, futuro de la tecnología de localización por satélite GPS, así como del resto de sistemas que giran a su alrededor, bien porque dependen directamente de ella, bien por basarse en su idea.

Por otro lado, también se trata de dar a conocer el funcionamiento de un sistema de gestión de flotas, incluyendo todos y cada uno de los aspectos que forman parte de él.

### 1.3. Fases de desarrollo

Este PFC se ha llevado a cabo a partir de cuatro fases.

- **Análisis:** en esta primera fase se ha diseñado el sistema. En concreto, se ha decidido qué elementos usar y cómo usarlos. Se ha decidido utilizar un sistema formado por un servidor y varios clientes que se conectan a él. Un protocolo de comunicación para permitir el intercambio de información entre el cliente y el servidor. Una base de datos para almacenar la información que envíen los clientes. Y, por último, qué dispositivos y equipos van a ser necesarios a la hora de capturar una posición y enviarla al servidor.
- **Diseño de los procesos:** en esta fase se ha diseñado la apariencia de la aplicación. También se ha diseñado cómo se va a realizar cada uno de los procesos de la aplicación, es decir, la comunicación cliente-servidor, proceso de autenticación de usuarios y clientes, captura de posiciones, etc...
- **Desarrollo de la aplicación:** esta fase ha sido en la que se ha programado la aplicación. A partir del diseño de la fase anterior, se ha ido desarrollando toda la estructura de la aplicación, modelando los procesos y modificando aquellas cosas que hayan sido necesarias para adaptarlas al correcto funcionamiento de la aplicación.
- **Escritura de la memoria:** en esta fase ha sido redactada esta memoria. Se ha descrito el desarrollo de todo el PFC y se ha documentado el funcionamiento de la aplicación en un manual de usuario.

### 1.4. Medios empleados

En el desarrollo de este PFC, estos han sido los elementos utilizados:

- **Elementos hardware:**
  - **Equipo de desarrollo:** para poder desarrollar la aplicación, se han usado dos equipos diferentes, uno de sobremesa y otro portátil. El equipo de sobremesa es un PC, con procesador Intel Core 2 Duo E8400 a 3GHz, y 2GB de RAM. El equipo portátil es un Toshiba Tecra M9, con procesador Intel Core 2 Duo T7100 a 1,8GHz, y 2GB de RAM. Los dos equipos tienen como sistema operativo Windows XP de 32bits con Service Pack 3 instalado.
  - **Equipo de pruebas:** a la hora de hacer pruebas, además de los dos equipos utilizados para el desarrollo también se ha hecho uso de un netbook HP Mini

110-3100, con procesador Intel Atom CPU N455 a 1,66GHz y 1GB de RAM. Como sistema operativo tiene Windows 7 de 32 bits. Se ha decidido usar este como equipo de pruebas dado su pequeño tamaño y su comodidad a la hora de transportarlo.

- **GPS:** como equipo GPS se ha utilizado un Garmin eTrex Vista HCx compatible con la tecnología WAAS (*Wide Area Augmentation System*).
- **Elementos software:**
  - **Entorno de desarrollo:** para el desarrollo de la aplicación se ha utilizado el entorno de desarrollo Microsoft Visual Studio 2005. Como lenguaje de programación se ha usado C#. El Framework de desarrollo utilizado ha sido Microsoft .NET Framework 2.0.
  - **Base de datos:** como base de datos se ha usado Microsoft Office Access 2007.
  - **Interfaz GPS-aplicación:** para que la aplicación pueda recibir datos desde el GPS, se ha utilizado el software Franson GpsGate 2.6.

## 1.5. Estructura de la memoria

Con motivo de una mejor lectura y comprensión del PFC, a continuación se incluye un breve resumen de cada uno de los capítulos.

- **Capítulo 1 (introducción y objetivos):** en este primer capítulo se hace una introducción al PFC, los objetivos que se persiguen con él, las diferentes etapas por las que ha pasado, que material se ha utilizado en el desarrollo del mismo y, por último, un resumen de cada capítulo.
- **Capítulo 2 (Sistema de Posicionamiento Global):** en este capítulo se detalla el sistema GPS dando un pequeño repaso al mismo desde sus comienzos hasta la actualidad y su futuro más inmediato. Por otro lado también se definen cada uno de los elementos de dicho sistema, a la vez que se explica la manera por la cual se puede obtener la posición de un objeto. Además, se describen las mejoras del sistema, así como otros sistemas similares.
- **Capítulo 3 (gestión de flotas):** aquí se explica el funcionamiento y los elementos que entran en juego a la hora de utilizar un sistema de gestión de flotas, y como los diferentes elementos del mismo interaccionan para conseguirlo.
- **Capítulo 4 (estructura de la aplicación):** en este capítulo se definen cada uno de los elementos por los que está formado el PFC: aplicación cliente, aplicación servidor, base de datos y protocolo de comunicaciones.
- **Capítulo 5 (diseño de los procesos):** aquí se muestran los diagramas con cada uno de los procesos que realizan las aplicaciones del cliente y del servidor, así como una explicación de los mismos.
- **Capítulo 6 (conclusiones):** una vez desarrollado el PFC, en este capítulo se exponen las conclusiones a las que se han llegado tras todo el proceso de diseño, desarrollo e investigación.

- **Capítulo 7 (futuras líneas de desarrollo):** en este capítulo se exponen diferentes mejoras al PFC que permitirían evolucionarlo hacia una aplicación web, hacer uso de una base de datos más robusta, usar otra tecnología en la comunicación cliente-servidor, y utilizar un nuevo cliente autónomo.
- **Capítulo 8 (presupuesto):** aquí se presenta un presupuesto del costo del PFC, así como la descomposición y descripción de cada una de las tareas llevadas a cabo en el desarrollo del mismo.

Al final de la memoria, se han incluido un par de anexos donde se detallan los manuales de usuario de la aplicación cliente y de la aplicación servidor, así como la descripción de las sentencias NMEA 0183.



# Capítulo 2

## Sistema de Posicionamiento Global

### 2.1. Descripción

El GPS o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema global de navegación por satélite (*Global Navigation Satellite System* o GNSS) que permite situar la posición de un objeto siempre y cuando haya una línea visual directa con cuatro o más satélites.

Fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, siendo este el encargado de su mantenimiento a día de hoy [1].

### 2.2. Historia

Antes de la aparición de los sistemas GNSS, ya se usaban sistemas de navegación radio-terrestres como *LORAN (Long Range Navigation)* [2]. Su funcionamiento se basaba en el envío de una señal desde diferentes emisores. Cuando un receptor captaba tres o más señales era capaz de determinar su posición.

Por otro lado, tras el lanzamiento del Sputnik por parte de la Unión Soviética, un equipo de científicos americanos descubrió que, gracias al efecto Doppler, se podía determinar la situación de dicho satélite debido a la distorsión que se producía en la señal que enviaba. Esto les llevó a pensar que, al igual que se podía ubicar el satélite conociendo la posición del

observador en la Tierra, también se podría situar la posición del observador en la Tierra conociendo la posición del satélite.

El primer sistema GNSS que hizo su aparición fue *TRANSIT* [3] en 1960, aunque hasta 1965 no hizo su entrada en servicio. Estaba formado por una constelación de seis satélites situados en seis planos. Con esta configuración se conseguía una cobertura mundial, pero no constante. Para poder obtener la posición del receptor, era necesario realizar un seguimiento del satélite durante 15 minutos. Además, sólo se podía acceder a los satélites una vez cada hora y media. Este sistema tenía un error de precisión en torno a los 250 m.

A partir de este sistema, se desarrollaron otros que se usaron para comprobar ciertas características concretas: *Timation* [4], desarrollado por la marina, introdujo un reloj en los satélites, *621B* [5] introducía ruido pseudo-aleatorio para resistir interferencias...

Con todos estos desarrollos en paralelo y en medio de la Guerra Fría, la Unión Soviética había desarrollado un sistema parecido al *Transit* llamado *CICADA* [6]. Estados Unidos quería dejar atrás a los soviéticos por lo que, en 1973, en el Pentágono se propuso el *DNSS* (*Defense Navigation Satellite System*). Poco más tarde, se cambió el nombre a *NAVSTAR* (*Navigation System Time and Ranging*), de ahí pasó a denominarse *NAVSTAR-GPS* y, por último, se redujo el nombre a *GPS*.

El sistema *NAVSTAR* se propuso para estar formado por una constelación de 24 satélites situados en seis planos de cuatro satélites cada uno, de forma que se obtuviera cobertura total. De esta forma, desde cualquier punto de la Tierra hay visión directa con un número de entre 4 y 12 satélites al mismo tiempo [7].

El primer satélite *NAVSTAR* se lanzó en 1978 y se planificó tener la constelación completa ocho años después. Sin embargo, esto no fue posible debido a varios retrasos (incluido el accidente del *Challenger*).

Entre 1978 y 1985 se pusieron en órbita un total de once satélites experimentales, lo que formaría lo que se conoce como *Block-I*. A partir de entonces, se han seguido lanzando satélites hasta completar la constelación y sustituyendo aquellos que quedaban inoperativos u obsoletos.

- Block I (1978-1985): 11 satélites lanzados, 10 con éxito.
- Block II (1989-1990): 9 satélites lanzados con éxito.
- Block IIA (1990-1997): 19 satélites lanzados con éxito.
- Block IIR (1997-2004): 13 satélites lanzados, 12 con éxito.
- Block IIR(M) (2005-2009): 8 satélites lanzados con éxito.
- Block IIF (2010): 1 satélite lanzado con éxito.

Además de éstos, hay programados otros 11 lanzamientos hasta completar el *Block IIF*, así como iniciar en 2014 el nuevo *Block IIIA* con el lanzamiento de nuevos satélites.

A pesar de ser un sistema militar, en 1983, tras derribar la Unión Soviética un avión coreano que se había introducido en su espacio aéreo por error, el presidente Ronald Reagan permitió

el GPS para uso civil. Para eso se usaron dos códigos: el código C/A, civil, y el código P, militar, con mucha mejor precisión que el código civil.

Sin embargo, aunque se podía hacer uso civil del GPS, el ejército de Estados Unidos introdujo un error para evitar que fuera tan preciso. Es lo que se conoce como Disponibilidad Selectiva (*Selective Availability*). Este error intencionado fue eliminado bajo el mandato de Bill Clinton en el año 2000. De esta forma, y sin usar ningún tipo de ayuda de posicionamiento, se consigue un error de precisión de unos 15 m.

Actualmente el error de precisión para un aparato civil puede estar por debajo de los 10 centímetros gracias a los sistemas de GPS Diferencial o DGPS (*Differential GPS*), así como a los Sistemas de Aumentación Basados en Satélite o SBAS (*Satellite Based Augmentation System*), como son el WAAS en Estados Unidos, EGNOS en Europa, o MSAS en Japón.

[8] [9] [10] [11].

## 2.3. Estructura

El sistema GPS está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, formado por los satélites; el segmento de control, formado por las estaciones terrestres; y el segmento de usuario, formado por los terminales receptores.

### 2.3.1. Segmento espacial

Se conoce como segmento espacial a la constelación de satélites que, orbitando alrededor de la Tierra, emiten una señal con la cual los receptores son capaces de calcular su posición.

Los satélites que forman la constelación se reparten en seis órbitas sincronizadas y se desplazan a una altitud aproximada de unos 20.000 Km. Estas órbitas se orientan de la siguiente manera: una paralela al ecuador; otras dos formando  $55^\circ$  con el ecuador; y las tres restantes son polares y equidistantes entre sí. Esta distribución es la que permite que se reciba siempre la señal de cuatro o más satélites al mismo tiempo.



Fig. 1: órbitas de la constelación GPS

Aunque existen diferentes versiones de los satélites, cada uno de ellos tiene una vida media de entre 7,5 y 11 años, un peso de unos 900 kg, una envergadura de unos 5m con los paneles solares extendidos, y transmisores de RF de menos de 50 Vatios de potencia. Cada satélite da una vuelta a la Tierra cada 12 horas, que a nivel astronómico corresponden a 11 horas y 56 minutos.

Hasta ahora se han lanzado un total de 59 satélites con éxito en 6 fases (*Blocks*). 32 de ellos siguen operativos [12]. De las dos primeras fases (Block I y block II) ya no queda ningún satélite operativo.

Cada satélite emite dos señales de referencia para cada uno de los posibles usos del sistema, es decir, para su uso civil o militar. Estas frecuencias son de 1575,42 MHz (L1) y de 1227,60 MHz (L2).

Por otro lado, cada satélite transmite 3 portadoras PRC (Código Pseudo-Aleatorio). Cada satélite tiene su propio código PRC diferente al del resto de satélites [13]:

- **Código C/A:** código de adquisición común (*Coarse Acquisition*). Es para uso civil. Modula la portadora L1 a una frecuencia de 1023 MHz.
- **Código P (*P-Code*):** código de precisión. Su uso es militar y puede ser encriptado. Modula tanto la portadora L1 como la L2 a una frecuencia de 10,23 MHz.
- **Código Y (*Y-Code*):** código P encriptado. Cuando se encripta se conoce como P(Y).

Los mensajes de navegación, es decir, aquellos que informan de las órbitas, correcciones del reloj... se encuentran en una señal de baja frecuencia (50 bps) que se añade a las portadoras. Estos mensajes se conocen como mensajes NAV (*Navigation Messages*).

En resumen, las señales de cada satélite quedan representadas en la siguiente figura [14]:

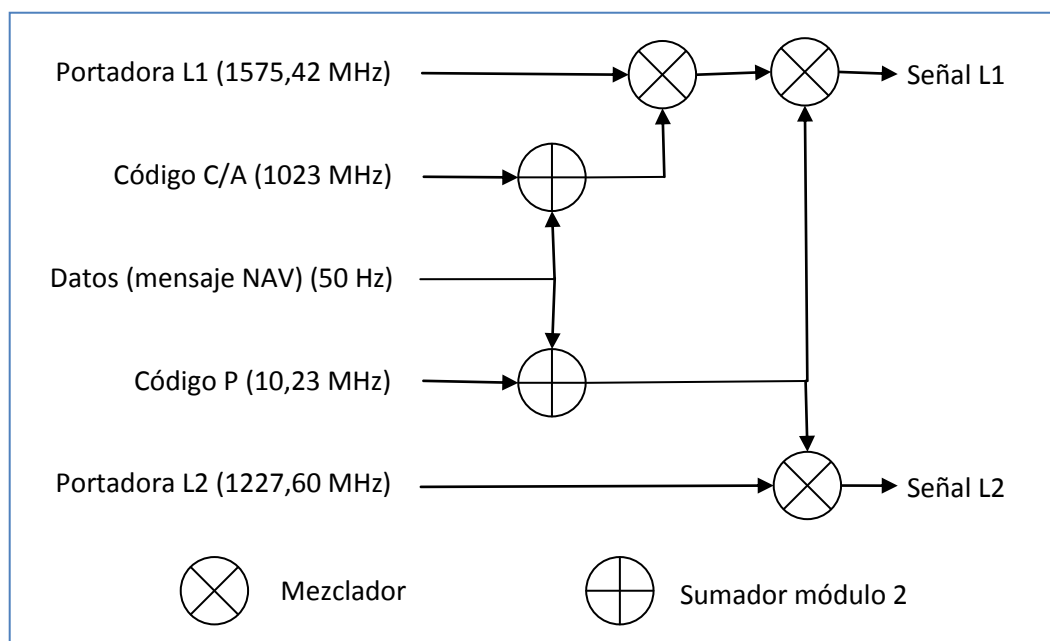


Fig. 2: señales en un satélite GPS

Los satélites funcionan de forma autónoma y con un mínimo mantenimiento. Los ajustes se realizan mediante mensajes NAV desde el segmento de control. Gracias a esta autonomía y a la redundancia de sus sistemas integrados se consigue continuidad en el servicio. A día de hoy, únicamente se producen cortes en el servicio que dan los satélites del *Block II-A* cuando reciben mensajes NAV desde el segmento de control [15].

### **2.3.2. Segmento de control**

El segmento de control está formado por el conjunto de sistemas instalados en Tierra que permiten garantizar el servicio y la precisión del segmento espacial.

Está formado por 12 estaciones, de las cuales una es la Estación de Control Principal o MCS (*Master Control Station*). Esta estación se encuentra en Colorado, en la Base Schriever de la Fuerza Aérea.

En un principio, el segmento de control estaba formado por 6 estaciones situadas en Colorado (MSC), Florida, Hawaii, Kwajalein, Ascensión y Diego García. Estas estaciones pertenecen a la Red de Control de Satélites de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos o AFSCN (*Air Force Satellite Control Network*). A partir de Septiembre de 2005, a estas 6 estaciones se le unieron las otras 6 que completan las 12 actuales, situadas en Washington DC, Inglaterra, Argentina, Ecuador, Bahrein y Australia. Estas últimas pertenecen a la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial o NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*).

La situación de las 12 estaciones permite que cada satélite sea visible por, al menos, 2 estaciones al mismo tiempo. Se está planeando añadir otras 5 estaciones NGA a las actuales, de forma que cada satélite pueda ser monitorizado, como mínimo, por 3 estaciones. Con estos avances, las aplicaciones civiles podrán obtener entre un 15 y un 20% de mejora en la navegación en tiempo real, gracias a la mejor distribución de las efemérides de cada satélite entre los receptores GPS [16].

Cada estación se encarga de la monitorización de los satélites, de realizar tareas de telemetría, de enviar los mensajes NAV para el mantenimiento de los satélites, y de controlar los sistemas de tierra.

Tras el envío de nueva información, cada satélite sincroniza su reloj atómico y ajusta las efemérides de su órbita. El cálculo de la órbita se hace mediante un filtro de Kalman [17], que permite estimar la posición con una gran fiabilidad a pesar de factores externos que puedan influir, como ruido, climatología, etc...

Cuanto más tiempo pase entre las actualizaciones que hace el segmento de control, más imprecisa es la posición que se obtiene a partir de sus señales. Por este motivo, se actualiza como mínimo una vez al día. En el momento de la actualización, la precisión en la posición suele ser de alrededor de 1 m [18].

### 2.3.3. Segmento de usuario

El segmento de usuario está formado por todos los receptores GPS: los civiles, con capacidad de recibir el código C/A, y los militares, con capacidad de recibir tanto el código C/A como el código P.

La función básica de los receptores es calcular su posición. Para ello realizan una serie de operaciones cuyas variables son las señales que emiten los satélites. Éstas deben ser sintonizadas, decodificadas y analizadas.

Cada receptor podrá sintonizar tantas señales como canales disponga. Aunque en un principio los receptores solían tener 4 ó 5 canales, en la actualidad suelen tener entre 12 y 20.

Los parámetros que se usan para comprobar la calidad de los receptores son:

- La antena debe ser capaz de recibir la señal de los satélites con la suficiente potencia.
- El reloj debe ser lo suficientemente preciso como para mantener la sincronización temporal entre el receptor y los satélites.
- El número de canales debe ser tal que el receptor pueda sintonizar un número suficiente de señales
- La velocidad de procesamiento debe ser suficiente como para poder calcular la posición a partir de las señales sintonizadas.

En cuanto a las fuentes de error en el receptor, las principales son:

- Errores en el reloj.
- Mala ubicación de la antena y descentralización electromagnética.
- Manipulación incorrecta de los equipos.

Los receptores reciben de los satélites los mensajes NAV de navegación. Dichos mensajes contienen información sobre las órbitas de toda la constelación de satélites. Esta información se conoce como Almanaque y tarda de 12 a 20 minutos en completarse para toda la constelación. Tiene una validez de varios meses.

Además, el receptor es informado por cada satélite con datos específicos relativos a ese satélite (posición exacta del satélite, hora atómica, estado del satélite). Esto es lo que se conoce como Efeméride [19] [20].

Por otro lado, para comunicarse con otros aparatos, como por ejemplo un PC, los receptores utilizan el estándar NMEA 0183. Dicho protocolo está definido por la *National Marine Electronics Association* [21].

## 2.4. Métodos de posicionamiento

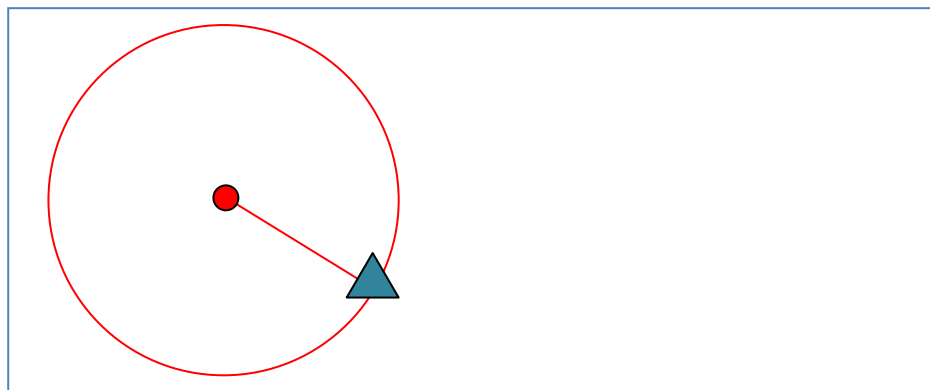
Para poder obtener la posición de un objeto (receptor) en la Tierra usando la tecnología GPS es necesario usar los satélites que están en el espacio. Para ello se tiene que conocer la distancia

que hay entre el receptor y el satélite. Esto se hace midiendo el tiempo que tarda la señal en viajar del satélite al receptor. Además, se tiene que saber la posición exacta de los satélites en el espacio. Con todos estos pasos, se triangula la posición del receptor. Sin embargo, con esto no es suficiente, ya que hay ciertos factores externos que influyen en la transmisión de la señal y que hay que tener también en cuenta [22].

#### 2.4.1. Triangulación

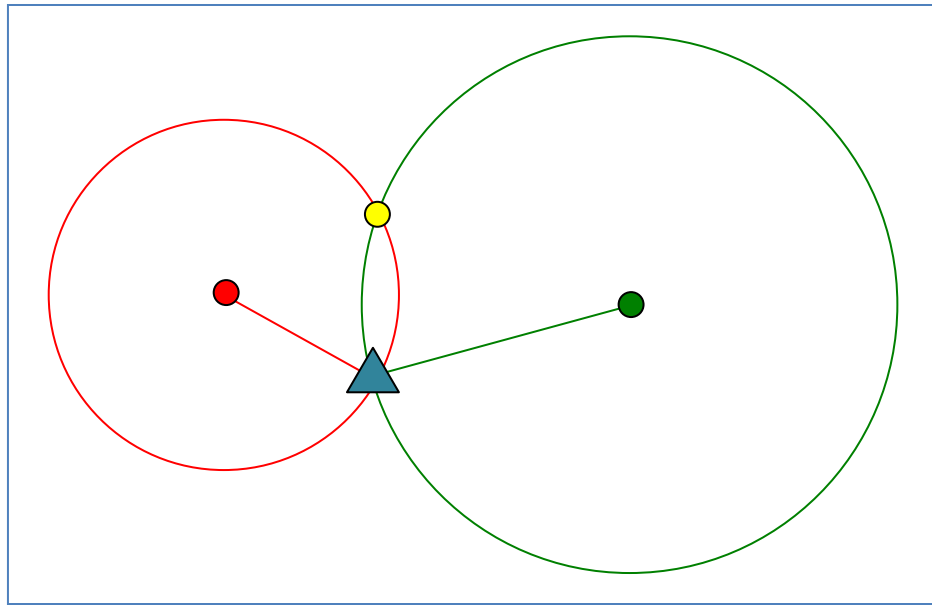
La triangulación consiste en que, conociendo la distancia de un objeto a varios puntos de referencia cuyas posiciones son conocidas, se puede calcular la posición del mismo a partir de la intersección de las curvas cuyo centro es uno de los puntos y cuyo radio es la distancia del punto al objeto.

En un plano sucedería lo siguiente. El objeto del que se quiere calcular su posición es el triángulo azul. Para el punto de referencia rojo, la primera curva sería la circunferencia roja cuyo radio es la distancia al objeto. El objeto podría estar en cualquier punto de dicha circunferencia.



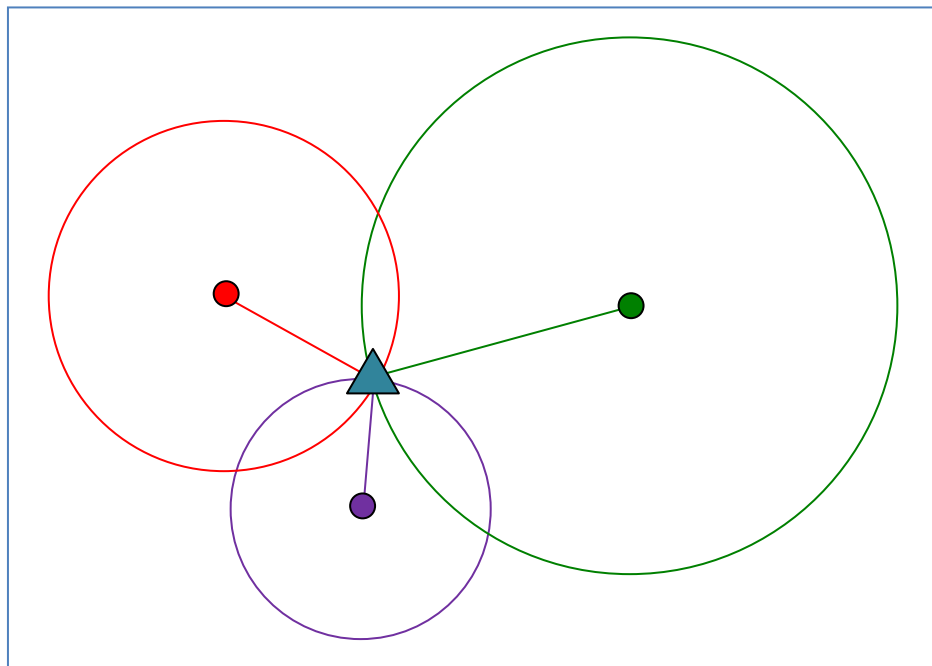
*Fig. 3: plano con un punto de referencia*

Si se añade un segundo punto de referencia (verde) y se incluye su curva, la intersección de ésta con la primera dará dos posibles puntos donde encontrar el objeto.



*Fig. 4: plano con dos puntos de referencia*

Al añadir un tercer punto de referencia (morado), la intersección de su curva con las otras dos define exactamente la posición del objeto.



*Fig. 5: plano con tres puntos de referencia*

Si esto mismo se traslada al sistema GPS, para poder situar la ubicación del receptor habría que hacer lo mismo, sólo que en vez de circunferencias se tendrían que intersectar esferas.

En el caso de un satélite, el receptor (triángulo azul) podría estar situado en cualquier punto de la superficie de la esfera roja, cuyo centro sería el satélite y su radio la distancia hasta el receptor.



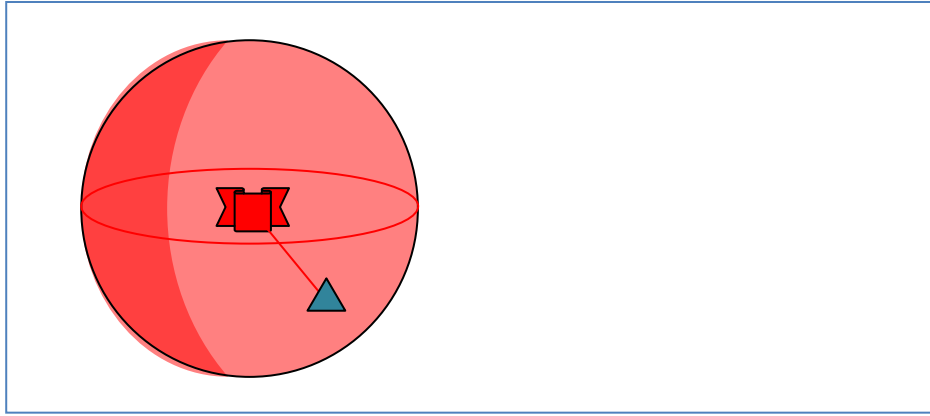


Fig. 6: un satélite

Si se añade un segundo satélite (verde), la intersección de su curva con la primera esfera dará una circunferencia (amarilla). Por lo tanto, el receptor podrá estar en cualquier punto de la misma.

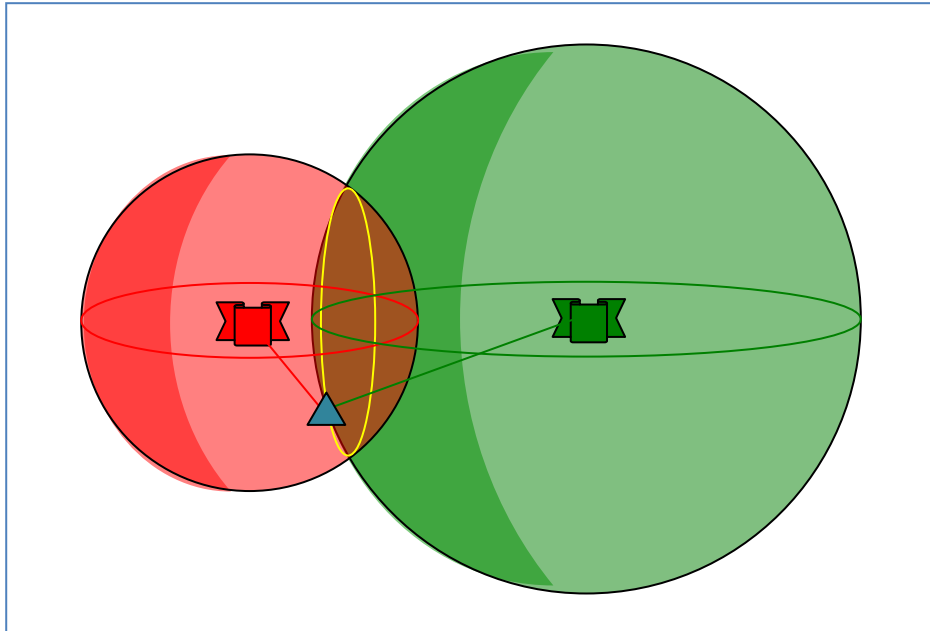


Fig. 7: dos satélites

Al añadir un tercer satélite (morado), la intersección de su curva con las otras dos esferas da dos posibles posiciones del receptor.

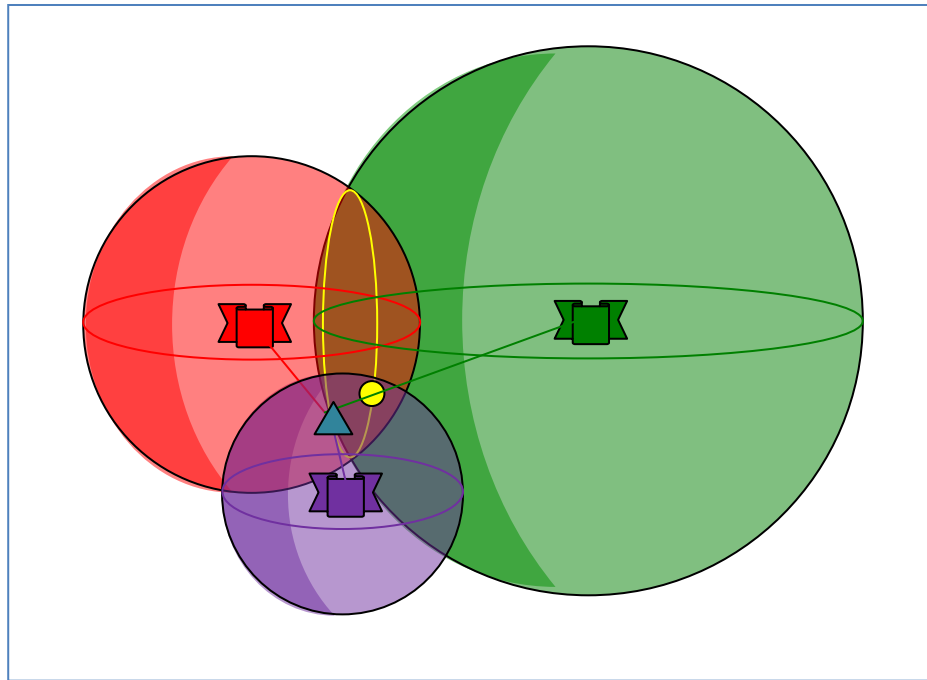


Fig. 8: tres satélites

Si se sumara al conjunto un cuarto satélite, la intersección de su curva con las otras esferas permitiría definir exactamente la posición del receptor. Sin embargo, con tres satélites sería suficiente ya que una de las dos posibles posiciones obtenidas estaría demasiado lejos de la superficie terrestre como para ser tomada en cuenta [23].

Todo lo anterior es válido siempre y cuando se conozca exactamente la distancia del receptor a cada uno de los satélites y la posición de los mismos, lo cual no es cierto debido a las imperfecciones que tiene el sistema.

#### 2.4.2. Cálculo de distancias

La distancia que existe entre un satélite y el receptor se calcula a partir del tiempo que tarda una señal enviada desde el satélite en llegar a este. Dado que la señal se desplaza a la velocidad de la luz, según la ecuación del movimiento rectilíneo uniforme el cálculo se hace multiplicando esta velocidad por el tiempo que tarda la señal en llegar.

Para calcular el tiempo que tarda la señal en llegar, el receptor y el satélite emiten a la vez la misma señal. A continuación, el receptor tiene que sincronizar su señal con la del satélite. Para ello la retrasa hasta que ambas coinciden. El tiempo que ha retrasado la señal, es el tiempo que tarda en viajar la señal desde el satélite al receptor.

Esta señal está formada por los conocidos como Códigos Pseudo-Aleatorios o PRC (*Pseudo-Random Code*). Estos códigos son tan complejos que se asemejan al ruido eléctrico aleatorio de fondo. Esta complejidad permite que el receptor no sintonice accidentalmente otra señal.

Por otro lado, cada satélite emite su propio código. De esta forma se evita que el receptor se confunda de satélite [24].

Como el código es tan parecido al ruido aleatorio, si se trocearan ambos y se compararan, en la mitad de los trozos coincidirían, y en la otra mitad serían distintos. Esto implica que cuando un satélite emite su señal y esta se mezcla con el ruido aleatorio de fondo, en los trozos en los que ambas coincidieran la señal se amplificaría. Al trocear esta nueva señal y compararla con la del receptor, habría más trozos en los que coincidirían las dos señales. De esta forma el receptor puede sincronizar con mayor facilidad su propio código con el del satélite.

Además, el hecho de que la señal se amplifique permite que los satélites puedan emitir con menor potencia y que los receptores tengan antenas más pequeñas, lo que repercute directamente en el coste de los mismos [25].

Sin embargo, para poder sincronizar correctamente las señales se necesitan unos relojes muy precisos.

### **2.4.3. Midiendo el tiempo**

Para poder medir el tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia que separa el satélite del receptor, los relojes que lleven montados ambos deben ser extremadamente exactos.

Por la parte del satélite no hay ningún problema, ya que éste incorpora un reloj atómico de increíble precisión. Sin embargo, el problema viene por la parte del receptor, ya que montar un reloj atómico tendría un costo demasiado elevado que haría inaccesible esta tecnología a la mayor parte de los actuales usuarios del sistema.

Para poder solucionar esto, se hace uso de la triangulación. Como ya se ha visto, conociendo la distancia del receptor a tres satélites se puede calcular la posición del mismo. Esto sólo es posible si el sistema fuera perfecto. Dado que el sistema tiene multitud de imperfecciones y fuentes de error, la intersección de las tres esferas no va a definir exactamente la posición del receptor. La solución consiste en añadir una nueva medición de un cuarto satélite, a pesar de que esta tampoco corte en un único punto.

A partir de las cuatro mediciones, el receptor obtendrá la hora UTC correspondiente a cada satélite observado. Al no ser mediciones exactas, detectará una discrepancia en los tiempos obtenidos y será capaz de calcular un factor de corrección que consiga unificar todos en un único punto.

Si tres mediciones perfectas permitían definir exactamente la posición del receptor, cuatro mediciones imperfectas pueden conseguir lo mismo. De esta forma, los receptores pueden disponer de un reloj de una precisión extremadamente buena sin necesidad de tener un reloj atómico instalado.

Por lo tanto, para poder realizar todo esto, los receptores deben ser capaces de sintonizar como mínimo cuatro satélites de forma simultánea. Con los equipos actuales esto no es ningún problema, ya que son capaces de sintonizar más de 20 satélites a la vez [26].

No obstante, aún falta conocer la posición exacta de cada satélite para que, mediante la triangulación, se pueda calcular la posición del receptor.

#### **2.4.4. Localización de los satélites**

Los satélites se encuentran situados a unos 20000 km de altura. Esto permite que se muevan por una zona despejada de la atmósfera haciendo que sus órbitas sean regulares y predecibles mediante sencillas ecuaciones matemáticas.

Para mantener estas órbitas, el Departamento de Defensa de los EEUU se encarga de monitorizar de forma continua los satélites. Mediante radares muy precisos controlan constantemente la altura, velocidad y posición de los mismos.

Dado que las órbitas son predecibles, toda la información de las futuras posiciones de los satélites se encuentra guardada en cada receptor en lo que se conoce como almanaque. Éste se va actualizando conforme se detectan pequeñas variaciones en las órbitas. Estos errores, que se conocen como errores de efemérides, se pueden producir por influencias gravitacionales del sol, la luna, así como por la presión solar sobre los satélites [27].

Por otro lado, aún hace falta corregir otra serie de errores para conseguir una posición aceptable del receptor.

#### **2.4.5. Corregir errores**

Hasta ahora se ha visto el sistema GPS de una forma ideal. Sin embargo, ni el satélite, ni el receptor, ni el medio por el que se transmite la señal son perfectos. Los receptores deben de tener en cuenta esto para poder calcular su posición correctamente.

En primer lugar, para calcular la distancia se ha tenido en cuenta que la velocidad de la luz es constante, y esto sólo sucede en el vacío. La señal tiene que atravesar varias capas en la atmósfera (ionosfera y troposfera) que hacen que su velocidad se retrase, dando como resultado errores similares a los producidos por la falta de precisión de los relojes.

Para poder minimizar estos errores, se pueden modelar los mismos, es decir, estimar cual será el error tipo de un día promedio. El problema es que las condiciones atmosféricas raramente se ajustan al promedio estimado.

Otra forma es utilizar un receptor con medición de doble frecuencia. Este receptor compara la velocidad relativa de dos señales diferentes. Este tipo de medición es muy avanzada y sólo se utiliza en receptores muy sofisticados.

Una vez que la señal llega a la Tierra y antes de ser captada por el receptor, la señal puede rebotar en diferentes obstáculos (montañas, edificios...) por lo que la misma señal llega al receptor varias veces por varios caminos (*multipath*).

Para solucionar este problema, se deben evitar las superficies reflectantes en las proximidades del receptor. En cuanto al diseño del receptor, se usan antenas con planos de masa que reduzcan las interferencias de señales de baja elevación, es decir, se filtran las señales secundarias para aislar la señal directa [28].

Por otro lado los satélites, a pesar de ser muy sofisticados, también pueden provocar pequeños errores. Ligeras variaciones en los relojes atómicos pueden provocar errores en la medición del tiempo de las señales.

Además, aunque los satélites están monitorizados, no lo están continuamente, por lo que se pueden producir pequeñas variaciones en las efemérides entre los tiempos de monitoreo.

Según la posición de los satélites en la constelación en un momento dado puede producirse el efecto conocido como dilución de la precisión o DOP (*Dilution of Precision*). Debido a este efecto, la intersección de las curvas de dos satélites cuando estos están muy juntos se hará en ángulos similares, por lo que el área donde podría estar el receptor se hace más grande, aumentando así la probabilidad de error.

En la imagen se puede apreciar claramente esto: cada anillo representa el error asociado al satélite de su color, es decir, que el receptor puede estar no solo en la circunferencia, sino en cualquier punto de la superficie del anillo. Debido a esto, el receptor podría estar en el área morada, es decir, la zona donde se intersecarían los dos anillos.

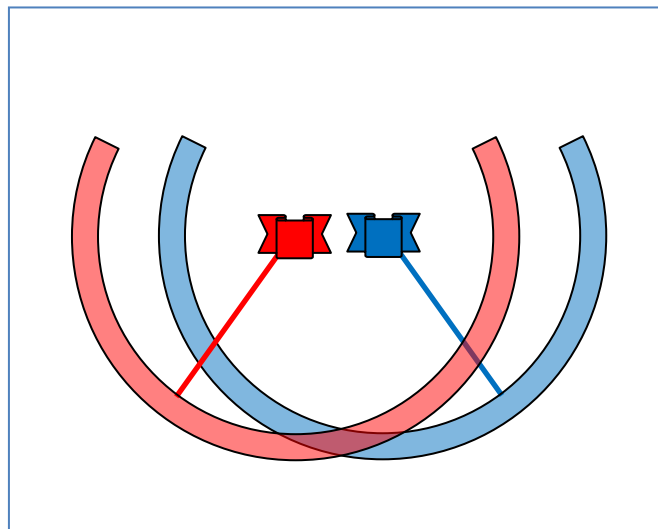


Fig. 9: DOP (satélites juntos)

Cuando los satélites están más separados, la intersección de sus curvas se hace prácticamente perpendicular, por lo que disminuye la probabilidad de error.

En la figura se puede comprobar cómo en este caso el área morada donde se intersecan los anillos, es decir, donde podría estar ubicado el receptor, es más pequeña.

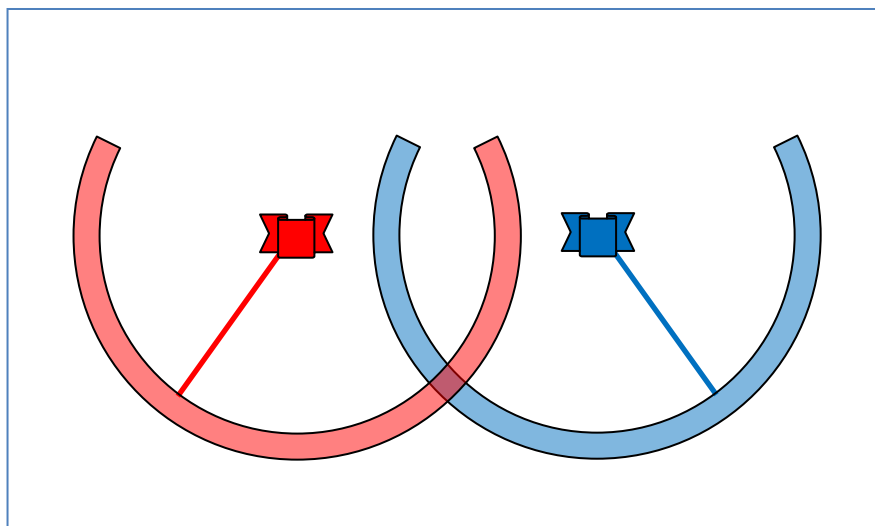


Fig. 10: DOP (satélites separados)

Como el número de satélites visibles suele ser más que suficiente, el receptor descarta aquellos que puedan interferir y provocar la DOP, quedándose con aquellos que no afecten al cálculo de la posición.

En cuanto al receptor, la principal fuente de error es el reloj, que no tiene la precisión que llega a tener el reloj atómico de los satélites aunque, como ya se ha visto, esto se puede solucionar usando un cuarto satélite a la hora de calcular la posición.

También la antena del receptor cumple un papel importante a la hora de provocar errores. Aunque la antena no necesita de una estabilidad muy elevada (soporta desplazamientos, vibraciones y torsiones que no afectan a la observación de las señales de los satélites), la variación de su centro radioeléctrico puede provocar un error residual de varios milímetros debido a la falta de coincidencia entre el punto al que llega la señal y el centro físico del dispositivo.

Por último, también hay que tener en cuenta la disponibilidad selectiva o SA (*Selective Availability*), que supone una alteración en la información de los satélites. A pesar que desde mayo del 2000 este error se suprimió [29], el Departamento de Defensa de los EEUU puede, en cualquier momento, volver a introducir este elemento que afecta a los estados de los relojes y parámetros orbitales. Esto se hace para evitar que se use el sistema GPS por parte de fuerzas hostiles para dirigir armas de precisión contra objetivos concretos, y que sólo los receptores militares aliados sean capaces de decodificar la señal de error. Sin embargo, mediante posicionamiento relativo o diferencial (DGPS) se puede eliminar este error [30].

## 2.5. Comunicación

En el sistema GPS, los receptores del segmento de usuario obtienen su posición a partir de los datos suministrados por los satélites del segmento espacial. A su vez, los satélites reciben información e instrucciones desde las estaciones del segmento de control. Estos mensajes que

se mandan los diferentes segmentos se conocen como mensajes de navegación o, simplemente, mensajes NAV.

Por otro lado, los receptores se pueden comunicar con otros equipos (PCs, vehículos...) para volcar en ellos la información obtenida. Esta comunicación se suele hacer mediante el uso del estándar NMEA 0183 que se verá a continuación.

### 2.5.1. Mensajes NAV

El mensaje NAV está formado por una serie de datos de telemetría, transmitidos a 50 bps, que se modulan en la portadora de cada satélite.

Dicho mensaje consiste en una trama de 1500 bits de longitud. Esta trama se transmite en 30 segundos y está formada por cinco subtramas de 300 bits cada una. A su vez, cada subtrama se divide en 10 partes o palabras (words) de 30 bits de longitud.

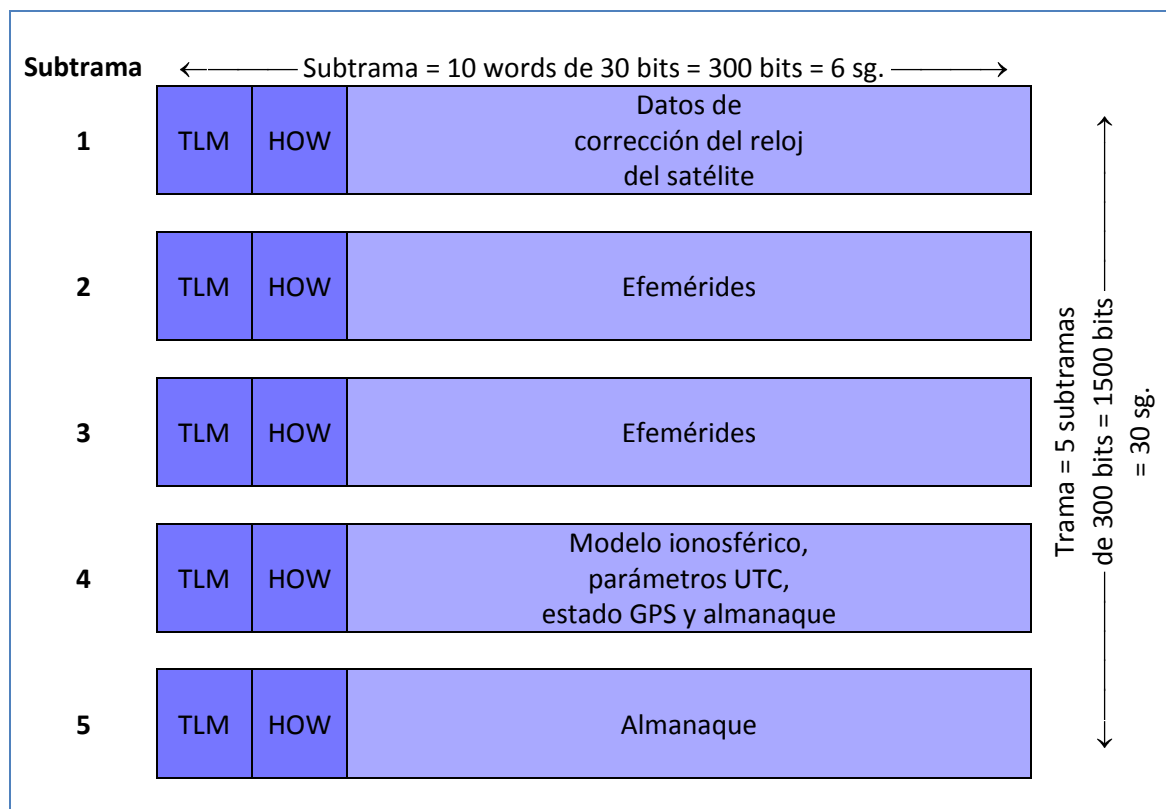


Fig. 11: mensaje NAV

Figura obtenida de: [31].

Las subtramas 1, 2 y 3 contienen los datos de corrección del reloj del satélite y las efemérides del mismo, es decir, la información actualizada de su posición. Estas tres subtramas se repiten para cada trama enviada. Esto es así durante unas dos horas, momento en el cual se comienzan a enviar datos nuevos (*cutover*).

Las subtramas 4 y 5 contienen información sobre el estado de la constelación de satélites completa, parámetros de configuración y el almanaque, es decir, la información sobre las futuras posiciones de cada uno de los satélites de la constelación. Estas subtramas son diferentes para cada trama enviada hasta completar toda la información a enviar. Esta información se completa cada 25 tramas, es decir, cada 12,5 minutos. Una vez enviada la información, se repite el proceso hasta que el segmento de control actualiza la información (*upload*). Esta actualización se suele hacer una o dos veces al día.

Cada una de las 10 palabras en las que se divide la subtrama está formada por 30 bits: 6 bits de paridad y 24 de datos. Las dos primeras palabras tienen el mismo formato en todas las subtramas. Son la *Telemetry Word* (TLM) y la *Handover Word* (HOW). Estas dos palabras las genera el satélite, y las otras 8 se cargan desde el segmento de control.

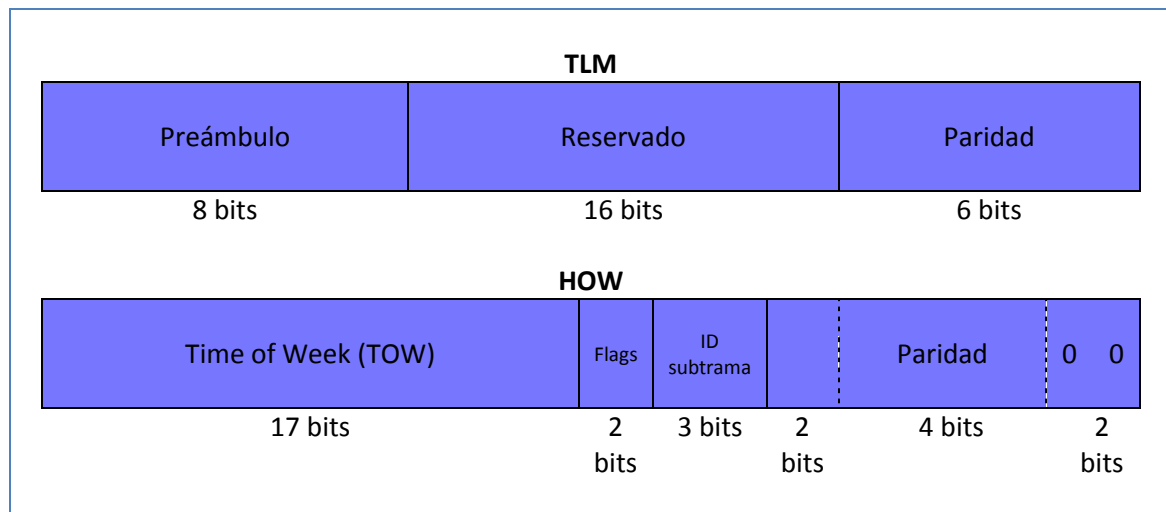


Fig. 12: TLM y HOW

La palabra TLM se usa para indicar el inicio de la subtrama. Está formada por un preámbulo fijo de 8 bits (10001011), 16 bits reservados y 6 bits de paridad.

Tras localizar el patrón del preámbulo en los datos recibidos, el receptor coge los 16 bits reservados y les pasa un filtro de paridad. El resultado lo compara con los 6 bits de paridad de la palabra y, si no coinciden, busca el siguiente patrón y repite el mismo proceso.

Los bits reservados no son útiles a los receptores, ya que van dirigidos al segmento de control para informar de aspectos de telemetría del satélite en tiempo real.

La palabra HOW está formada por cuatro partes.

Los primeros 17 bits corresponden al TOW (*Time of Week*), que indica la hora de inicio de la siguiente subtrama en unidades de 6 segundos. El receptor la usa para establecer la hora del GPS.

Los siguientes 2 bits son flags. El primero indica si los datos del satélite son fiables o no. El segundo indica si el modo *antispoof* está activado. Este modo permite que los receptores militares (que sintonicen el código P/Y) no obtengan una señal falsa de un satélite que simule ser de la constelación GPS.



A continuación, los 3 bits siguientes indican el identificador de subtrama. De esta forma se identifica cuál es la subtrama actual que se ha recibido entre las cinco posibles.

Por último, los bits de paridad estarían divididos en tres grupos. Los dos primeros se ajustan para permitir que los dos últimos sean siempre fijos a cero. Los 6 siguientes son los bits de paridad normales de cada palabra. Y los 2 últimos, como ya se ha dicho, son fijos y van siempre a cero [32].

En las actualizaciones desde el segmento de control (*uploads*), el MCS envía al satélite toda la información que éste va a enviar a los receptores hasta la siguiente actualización. Además, también se envía información adicional útil durante varias semanas por si las siguientes actualizaciones se retrasaran por alguna razón. Una actualización consta aproximadamente de 16 conjuntos de subtramas 1, 2 y 3, dependiendo de la cantidad de información a enviar.

La primera vez que el satélite comienza a enviar información actualizada (*cutover*) tras una actualización lo puede hacer en cualquier momento dentro de la hora siguiente a la actualización. Sin embargo, los siguientes *cutovers* se producen exactamente a las horas en punto. Cada conjunto de subtramas 1, 2 y 3 se transmite, como máximo, durante dos horas.

A la hora de procesar el mensaje NAV, un receptor busca cambios en las subtramas 1, 2 y 3. Si detecta cambios, actualiza su información con la proporcionada por dichas subtramas y empieza a utilizar esta para navegar. Con el almanaque sucede algo parecido pero, al ser menos crítica la información, ésta se actualiza únicamente con los datos de un solo satélite [33].

### **2.5.2. NMEA 0183**

El estándar NMEA 0183 fue desarrollado por la *National Marine Electronics Association* en 1983 para permitir la comunicación entre diferentes equipos electrónicos marítimos. Al ser propiedad de la NMEA, hay que pagar para poder hacer uso de él.

El estándar define un interfaz serie asíncrono de comunicación entre los equipos, con una velocidad de transmisión de 4.800 baudios, 8 bits de datos y un bit de parada. Los datos se transmiten en formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) [34] en forma de sentencias. El estándar permite que un solo equipo transmita, aunque puede haber varios receptores [35].

La última versión desarrollada del estándar es la V4.00. Esta versión incluye nuevas sentencias y define conectividad con otros sistemas, como Galileo.

Además, existe otro estándar de alta velocidad denominado NMEA 0183-HS (*High Speed*). Las sentencias son comunes con el estándar normal, pero tiene una velocidad de transmisión de 38.400 baudios [36].

Por otro lado, para permitir bidireccionalidad entre los equipos, así como varios emisores y varios receptores, se definió el estándar NMEA 2000. Este estándar se basa en el CAN

(*Controller Area Network*) que permite que no exista un equipo maestro que controle la red, sino que cada equipo por si mismo puede compartir información en cualquier momento.

Las sentencias del estándar NMEA 0183 sólo pueden incluir los caracteres ASCII imprimibles, así como el retorno de carro (<CR>) y el salto de línea (<LF>). Cada sentencia comienza con el signo dólar (\$) y termina con un retorno de carro y un salto de línea (<CR><LF>).

Existen tres tipos de sentencias:

- **Sentencias de envío:**

Su formato es el siguiente:

\$EESSS,C1,C2,...<CR><LF>

donde “EE” identifica el equipo que envía la sentencia, “SSS” el tipo de sentencia, y “C1,C2...” cada uno de los campos de la sentencia, separados por comas.

Al final de la sentencia puede haber una suma de verificación o *checksum*. Este último campo consiste en un asterisco (\*) seguido de dos dígitos hexadecimales correspondientes a la OR exclusiva de toda la sentencia entre el “\$” y el “\*”, sin incluir éstos.

Una sentencia puede contener hasta 80 caracteres, además del “\$” y del “<CR><LF>”. Si un campo no está disponible se omite, pero sigue quedando delimitado por las comas (sin espacio entre ellas).

- **Sentencias propietarias:**

El estándar NMEA 0183 permite que un fabricante defina sus propias sentencias propietarias. Estas sentencias tienen que empezar con “\$P” seguidas de las 3 letras que identifican a ese fabricante. A continuación se añaden los campos que el fabricante haya definido de acuerdo con el formato de la sentencia general.

Por ejemplo, para el fabricante Garmin su identificador es “GRM”, por lo que el inicio de sus sentencias debe ser “\$PGRM”. Otros ejemplos de sentencias propietarias son:

PASHR	RT300 proprietary roll and pitch sentence
PGRME	Garmin Estimated Error
PGRMM	Garmin Map Datum
PGRMZ	Garmin Altitude
PMGNST	Magellan Status
PRWIZCH	Rockwell Channel Status
PUBX 00	uBlox Lat/Long Position Data
PUBX 01	uBlox UTM Position Data
PUBX 03	uBlox Satellite Status
PUBX 04	uBlox Time of Day and Clock Information

- **Sentencias de consulta:**

Estas sentencias son las que mandan los equipos en escucha solicitando a los equipos emisores el envío de una sentencia en particular. Su formato es el siguiente:

\$RREQ,SSS<CR><LF>

donde “RR” identifica el equipo receptor en escucha que está solicitando la petición, “EE” el equipo emisor que, en este caso, debe mandar una respuesta, “Q” es un parámetro fijo que define que esa sentencia es una consulta (*Query*), y “SSS” el tipo de sentencia solicitada [37].

Los tipos de sentencia NMEA están definidos en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** [38] [39].

Dado que en este PFC las sentencias que se utilizan son la RMC y la GGA, éstas se van a desarrollar para conocer mejor su contenido.

- **RMC (Recommended Minimum Navigation Information):**

\$--RMC,HHMMSS.SS,E,LLLL.LLL,A,LLLLL.LLL,A,VVV.V,AAA.A,DDMMAA,MMM.M,A\*CC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									11
									12

- 1) Hora UTC, donde “HH” corresponde a la hora, “MM” a los minutos, y “SS.SS” a los segundos.
- 2) Estado del GPS. Dos posibles valores: “A” si está todo correcto, y “V” si hay algún problema.
- 3) Latitud.
- 4) Dos posibles valores: “N” si es latitud norte, y “S” si es latitud sur.
- 5) Longitud.
- 6) Dos posibles valores: “E” si es longitud este, y “W” si es longitud oeste.
- 7) Velocidad en nudos.
- 8) Ángulo de la ruta en grados.
- 9) Fecha, donde “DD” corresponde al día, “MM” al mes, y “AA” al año.
- 10) Variación magnética.
- 11) Dos posibles valores: “E” si la variación magnética es al este, y “W” si es al oeste.
- 12) Suma de verificación (*checksum*).

- **GGA (Global Positioning System Fix Data):**

\$--GGA,HHMMSS.SS,LLLL.LLL,A,LLLLL.LLL,A,Q,NN,D.D,AAAA.A,M,AA.A,M,SSS.S,IIII\*CC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
													15

- 1) Hora UTC, donde “HH” corresponde a la hora, “MM” a los minutos, y “SS.SS” a los segundos.
- 2) Latitud.
- 3) Dos posibles valores: “N” si es latitud norte, y “S” si es latitud sur.
- 4) Longitud.

- 5) Dos posibles valores: “E” si es longitud este, y “W” si es latitud oeste.
- 6) Indicador de calidad del GPS. Puede tener los siguientes valores:
  - 0 = posición inválida.
  - 1 = GPS corregido.
  - 2 = DGPS corregido.
  - 3 = PPS corregido.
  - 4 = tiempo real kinemático.(RTK)
  - 5 = RTK emitido.
  - 6 = estimado (sin cálculos).
  - 7 = modo de entrada manual.
  - 8 = modo simulación.
- 7) Número de satélites visibles.
- 8) Dilución Horizontal de la precisión.
- 9) Altura sobre el nivel del mar.
- 10) Unidades de la altura (metros).
- 11) Separación del geoide.
- 12) Unidades de la separación del geoide (metros).
- 13) Tiempo en segundos desde la última actualización DGPS.
- 14) Identificador de la estación DGPS (0000 – 1023).
- 15) Suma de verificación (*checksum*).

[40]

## 2.6. Mejorar la precisión

Hasta el apagado en el año 2000 de la disponibilidad selectiva (SA), el sistema GPS para uso civil no tenía una precisión tan exacta como la actual. Debido a esto, se desarrollaron varios proyectos para mejorar esta precisión a la vez que se solucionaban otros problemas propios del sistema GPS.

### 2.6.1. DGPS

Tras la puesta en marcha del sistema GPS y para evitar que potencias enemigas pudieran usar el sistema para guiar sus propias armas, el ejército americano introdujo una degradación intencionada en la señal transmitida a la frecuencia L1 (1575,42 MHz) de forma que el reloj del sistema tuviera un desfase aleatorio equivalente a un error de unos 100 metros en la posición. Esta degradación se conoce como disponibilidad selectiva o SA (*Selective Availability*).

Los receptores GPS civiles que disponían de frecuencia dual aún podían obtener una posición correcta ya que, además de la señal L1, también recibían la señal L2 (1227,60 MHz). Por este motivo se encriptó esta señal, de forma que sólo aquellos que dispusieran del código para poder descryptarla pudieran usarla.

Los usuarios civiles que usaban sistemas de radio-navegación terrestres como LORAN, vieron en el GPS una manera de obtener un posicionamiento fiable y, a la vez, abaratar costes. Así mismo, la navegación aérea civil encontró en el GPS un aliado para mejorar la seguridad. Sin embargo, la introducción de la SA dio al traste con cualquier intento de uso del sistema.

A pesar de los intentos por parte de varias agencias de eliminar la SA, el ejército se mantuvo firme y no cedió a sus peticiones. Debido a esto, a mediados de los años 80 estas agencias desarrollaron una solución que se basaba en que, si se conocía el error que provocaba la SA en un lugar en concreto, ese error sería el mismo en una zona relativamente amplia alrededor del mismo. Lo único que había que hacer era transmitir ese error a los equipos que estuvieran cerca para que ellos corrigieran también el error. Así nació el DGPS.

Por otro lado, de esta forma también se solucionaban otros errores propio del sistema GPS, como las distorsiones ionosféricas, errores en las efemérides de los satélites, desfase en los relojes... Con el DGPS éstos podían corregirse y enviarse a los equipos receptores en el mismo mensaje que la corrección de la SA. Con todas estas mejoras aplicadas se puede llegar a alcanzar una precisión de menos de 10 cm.

En EEUU se utiliza la red NDGPS (*Nationwide Differential GPS*), que es una ampliación de la primera red DGPS desarrollada por la Guardia Costera, la MDGPS (*Maritime Differential GPS*). Esta última sólo cubría las zonas costeras, los Grandes Lagos y la zona navegable del Mississippi, mientras que con la NDGPS se cubre la totalidad de los estados.

En Europa, la cobertura DGPS es básicamente costera, siendo los pioneros en su desarrollo Finlandia y Suecia para mejorar la seguridad en el archipiélago entre los dos países [41].

En el resto del mundo existen también otros sistemas DGPS. La cobertura mundial puede verse en la siguiente figura [42].

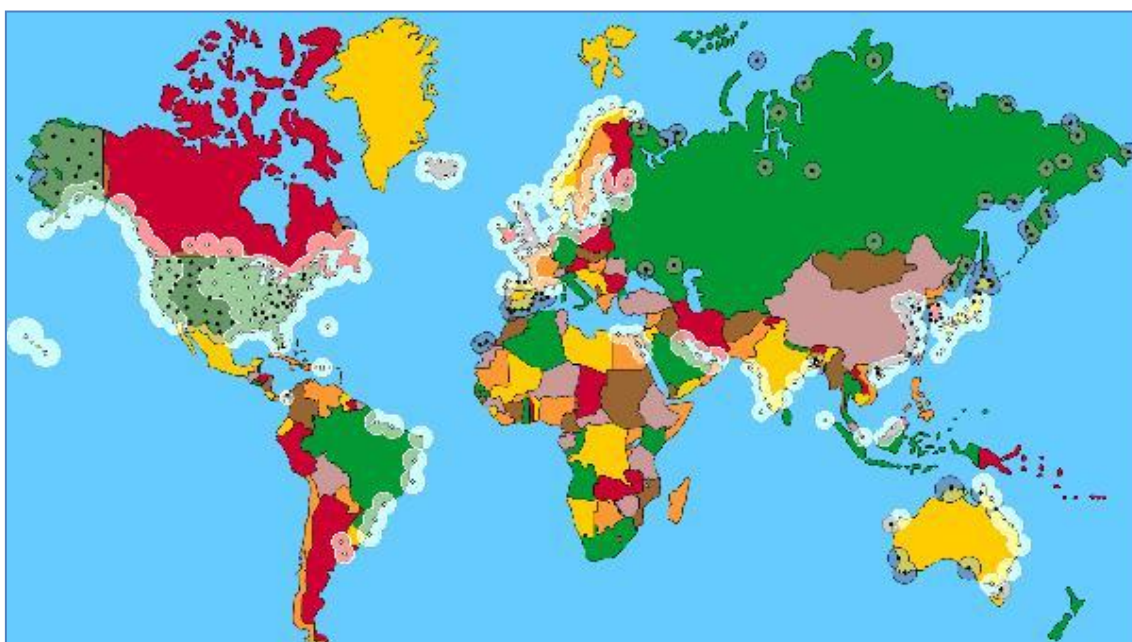


Fig. 13: cobertura mundial DGPS

### 2.6.2. SBAS

El Sistema de Aumentación Basado en Satélite o SBAS es un sistema que permite aumentar la exactitud de la posición obtenida a partir de la señal GPS.

Se diferencia del DGSP en que mientras éste necesita de estaciones en tierra para poder transmitir las correcciones, el SBAS, a pesar de utilizar también estaciones terrenas, se basa en satélites geoestacionarios para transmitir las correcciones.

Su funcionamiento es similar al del DGPS salvo la diferencia de que las correcciones las envía un satélite. Cada una de las estaciones en tierra, llamadas RIMS (*Ranging and Integrity Monitor Station*) recibe las frecuencias L1 y L2 de cada satélite GPS. Con esto y conociendo exactamente su posición (la de la estación), cada RIMS es capaz de calcular un mapa del error ionosférico de la zona que cubre. Este mapa se manda a un satélite geoestacionario que, a su vez, actúa como un satélite GPS retransmitiendo esa información a todos aquellos receptores que sean capaces de recibirla.

Al igual que el DGPS se desarrolló para mejorar la seguridad marítima, este sistema se desarrolló para mejorar la seguridad aérea. Hay varios proyectos en funcionamiento, y otros tantos en desarrollo. Los principales son el WAAS en EEUU, Canadá y México, EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) en Europa, MSAS (*Multi-functional Satellite Augmentation System*) en Japón, SDCM (*System of Differential Correction and Monitoring*) en Rusia, y GAGAN (*GPS Aided Geo Augmented Navigation*) en la India.

La ventaja de todos estos sistemas es que, a pesar de que su desarrollo y mantenimiento corresponden a países u organizaciones diferentes, todos son compatibles entre ellos, por lo que en un futuro un avión podría volar utilizando varios de estos sistemas durante el trayecto con un único receptor instalado en la aeronave [43].

En la actualidad, la cobertura de estos sistemas es la siguiente [44]:

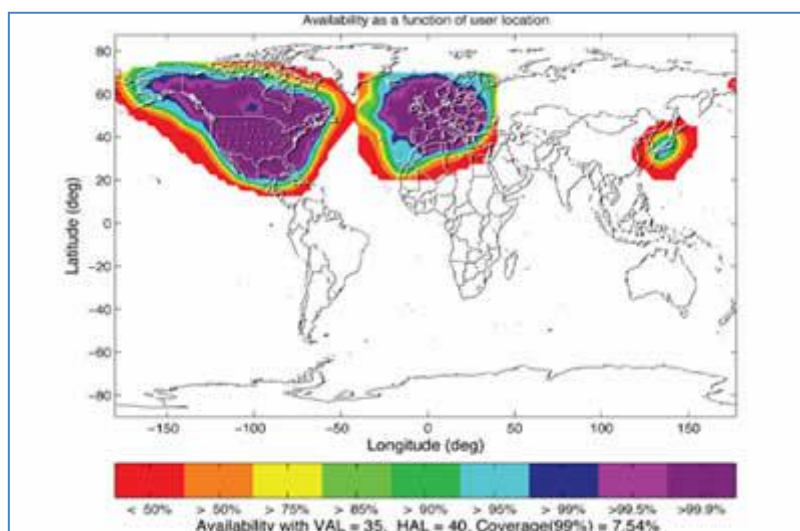


Fig. 14: cobertura SBAS

- **WAAS**

Este sistema fue desarrollado por la Administración de Aviación Federal (FAA – *Federal Aviation Administration*) y el Departamento de Transporte (DOT – *Department of Transportation*) de los EEUU, ya que el sistema GPS no satisfacía las necesidades de disponibilidad, integridad y precisión que la FAA buscaba para su uso en navegación aérea.

El sistema está formado por 25 RIMS que reciben la señal GPS, corrigen los errores que pueda haber en ella, y reenvían a uno de los dos satélites geoestacionarios que se usan en el sistema un mensaje con la señal corregida. Este mensaje es compatible con los mensajes NAV del sistema GPS, por lo que cualquier equipo que disponga de un receptor WAAS y que reciba el mensaje de estos satélites, puede decodificarlo. La precisión que da este sistema es inferior a los 3 metros [45].

Actualmente, el sistema WAAS da cobertura a EEUU, Canadá y México. Aunque en Sudamérica también se recibe la señal WAAS, al no haber estaciones terrenas el mensaje no es fiable ya que no contiene correcciones del error ionosférico de esa zona, y la posición calculada puede llegar a ser peor que la calculada sólo con la señal GPS. El mapa de la cobertura actual es el siguiente [46]:

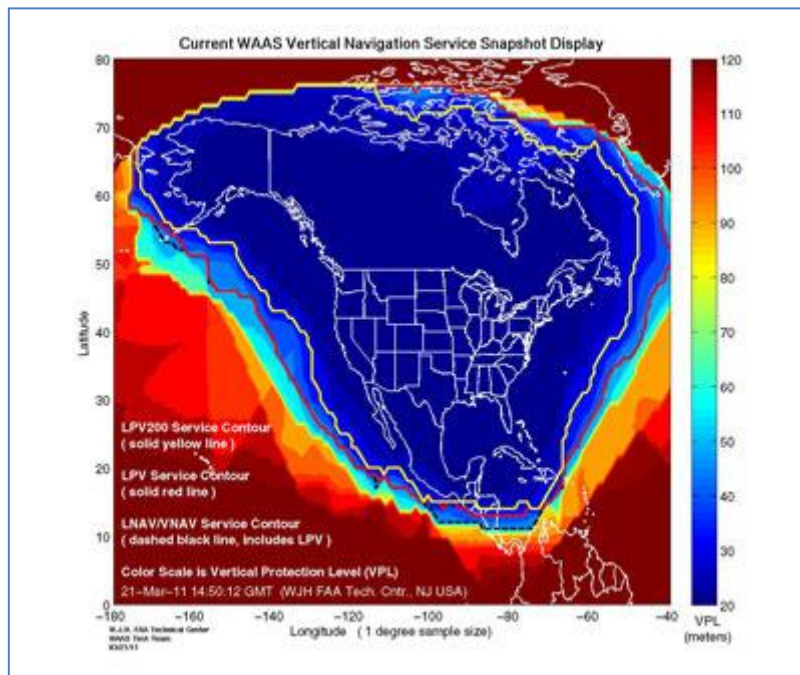


Fig. 15: cobertura WAAS

- **EGNOS**

Este sistema SBAS ha sido desarrollado en Europa por la Agencia Espacial Europea (ESA), la Comisión Europea (EC) y Eurocontrol. Al igual que el sistema WAAS, el origen de su desarrollo es la mejora del tráfico aéreo, aunque su uso se ha extendido a otras áreas como la navegación



Su funcionamiento es similar al WAAS, estando formado por 34 RIMS que se encargan de corregir el error de la señal GPS y enviarla a tres satélites geoestacionarios que, a su vez, la reenvían a aquellos equipos que puedan decodificarla. El error de este sistema es también inferior a los 3 metros [47].

- **MSAS**

Como todos los sistemas SBAS, las RIMS reciben la señal GPS, la corrigen, y la envían a los dos satélites geoestacionarios del sistema que, a su vez, la reenvían a los equipos compatibles con la tecnología MSAS [49].

28



- **SDCM**

Este es el sistema SBAS desarrollado por Rusia para mejorar la precisión de las señales de su sistema GNSS GLONASS.

Aunque aún no está operativo, está formado por nueve RIMS. Además, hay otras diez más planificadas que, además de a GLONASS, darán también servicio a GPS y a GALILEO [51].

- **GAGAN**

GAGAN es el sistema SBAS desarrollado por la India para mejorar el tráfico aéreo en la zona incrementando la precisión del sistema GPS.

Aún no está en funcionamiento. A pesar de que en 2010 fallara el lanzamiento del que iba a ser el primer satélite del sistema, en la actualidad ya tiene un satélite desplegado en pruebas. Está previsto que entre en funcionamiento en 2014 [52].

## **2.7. Futuro del GPS**

El sistema GPS está en constante evolución. Desde los primeros satélites lanzados hasta los futuros lanzamientos, se ha desarrollado, no sólo por EEUU sino también por otros países, un conjunto de evoluciones que han dotado al sistema de características cada vez mejores.

El primer cambio importante en la modernización del GPS fue la eliminación de la disponibilidad selectiva en el año 2000. Con esto, los receptores y aplicaciones civiles pudieron aumentar enormemente la precisión en su localización.

El futuro del GPS pasa por el desarrollo de nuevas señales que permiten aún más precisión y sean útiles para diferentes situaciones. Además, se incluyen en la constelación nuevos satélites, más modernos, con más autonomía y tiempo de vida, y que permiten la transmisión de nuevas señales [53].

### **2.7.1. Nuevas señales**

Una de las formas de modernizar el sistema GPS consiste en añadir nuevas señales a la constelación de satélites. Para uso civil el gobierno está desarrollando tres nuevas señales que, añadidas a la señal actual, hacen un total de cuatro señales para uso civil: L1 C/A (actual), L2C, L5 y L1C. Para uso militar se ha añadido una nueva señal: el M-Code.

Estas señales tendrán un uso limitado hasta que no estén implementadas en, por lo menos, 18 satélites.

- **L2C**

Esta señal está especialmente diseñada para uso comercial y civil. Al combinarla con la señal L1 en un receptor de doble frecuencia, permite alcanzar una precisión similar a la de los receptores militares.

Con un receptor de doble frecuencia se conseguirá aumentar la velocidad de adquisición, la fiabilidad y el rango de operación. Además, esta señal se emite con una mayor potencia efectiva, por lo que será más sencilla su recepción en zonas de baja cobertura, como zonas con árboles e, incluso, en interiores.

La señal se emite a la frecuencia de 1227,60 MHz dentro de la banda RNSS (*Radio Navigation Satellite Services*) de radiofrecuencia, que es la misma que la señal L2 civil, así como de las señales militares P-Code y la nueva M-Code. Utiliza modulación por desplazamiento de fase BPSK (*Binary Phase Shift-Keying*) [54]. Además, incluye el tipo de mensaje CNAV, una versión mejorada del mensaje NAV original [55].

En la actualidad (mayo de 2011), hay 9 satélites que emiten esta señal, lanzándose el primero de ellos en 2005 en el *Block IIR(M)*. Sin embargo, los datos que transmiten únicamente contienen un mensaje por defecto que no contiene información de navegación. La señal se mantendrá así hasta que no se termine de desplegar el Segmento de Control Avanzado GPS (OCX – *GPS Advanced Control Segment*), que permitirá controlar los *Blocks II* y *III*.

Se espera que para 2016 haya 24 satélites que puedan emitir esta señal.

- **L5**

La señal L5 ha sido diseñada para usarla en aplicaciones civiles donde la seguridad es crítica. La señal se transmite en una banda de radiofrecuencia exclusiva de aquellos servicios de aviación que precisen de una elevada seguridad. Ofrece una mayor potencia, un mayor ancho de banda, y un diseño más evolucionado, lo que se traduce en la señal GPS civil más avanzada hasta ahora.

Mediante una técnica denominada *trilaning* [56], la señal se puede combinar con otras dos señales, como la L1 C/A, la L2C o, incluso, la E6 del sistema GALILEO, para obtener una precisión inferior al metro sin necesidad de aumentaciones.

Se transmite en la banda ARNS (*Aeronautical Radio Navigation Services*) a 1176,45 MHz. Su diseño ofrece una gran protección contra ataques de *jamming*, es decir, el uso de interferencias para degradar la señal. Usa modulación BOC (*Binary Offset Carrier*) [57]. Al igual que la señal L2C, también incluye la versión mejorada del mensaje NAV, es decir, el mensaje CNAV.

El primer satélite con capacidad de transmitir la señal L5 se lanzó en 2009, perteneciente al *Block IIR(M)*. En la actualidad (mayo de 2011), hay 2 satélites con capacidad de emitir esta señal. Sin embargo, como con la señal L2C, hasta que no finalice el despliegue del OCX el mensaje que contiene la señal no es útil para la navegación.

Se espera que haya 24 satélites transmitiendo la señal L5 para 2019.

- **L1C**

Esta señal se ha diseñado para permitir interoperabilidad entre el sistema GPS y otros sistemas GNSS internacionales. Aunque en un principio su desarrollo se ha llevado conjuntamente entre EEUU y Europa para conseguir una señal civil común al sistema GPS y al sistema GALILEO, ya hay otros sistemas GNSS que están implementando esta señal, como el japonés QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*), el indio IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*), o el chino COMPASS.

Usa modulación MBOC (*Multiplexed Binary Offset Carrier*) [58]. Se transmite a la misma frecuencia que la señal L1 C/A, es decir, 1575,42 MHz. Además, también se transmiten a esta frecuencia las señales militares P-Code, y la nueva señal M-Code. La señal L1C incluye una versión del mensaje NAV aún más desarrollada, el mensaje CNAV-2 [59].

Aún no hay ningún satélite desplegado con capacidad de transmitir la señal L1C. La señal comenzará a usarse en los satélites pertenecientes al *Block IIIA*. Se espera que para 2021 haya 24 satélites con capacidad de transmitir esta señal [60].

- **M-Code**

El M-Code es una nueva señal militar diseñada para conseguir una gran resistencia frente a las interferencias así como mayor seguridad en su código.

Frente al uso de antenas poco directivas que cubren la superficie de la Tierra, los nuevos satélites estarán equipados con dos tipos de antenas: unas poco directivas como hasta ahora, y otras mucho más directivas que cubrirán un área de unos cientos de kilómetros de forma que la potencia de la señal M-Code en esa zona sea mucho mayor.

Se transmitirá en la banda RNSS en las mismas frecuencias que las señales L1 y L2, es decir, 1575,42 MHz y 1227,60 MHz respectivamente, frecuencias que comparte también la señal P-Code. Además, usará modulación BOC e incluirá los mensajes MNAV. Estos mensajes en vez de entramarlos, se paquetizarán, lo que permitirá envíos de datos más flexibles.

Aunque los satélites del *Block IIR(M)* ya pueden transmitir la señal, hasta que no se despliegue el *Block IIIA* no se podrán usar las antenas directivas [61].

### **2.7.2. Nuevos satélites**

Otra forma de modernizar el sistema GPS es añadiendo nuevos satélites que permitan nuevas funcionalidades y que tengan más tiempo de vida útil.

En la actualidad se están usando satélites del *Block IIA*, *Block IIR*, *Block IIR(M)* y *Block IIF*. También se está diseñando el *Block IIIA*, aunque aún no tiene ningún satélite desplegado.

- **Block IIA**

Estos satélites se desarrollaron como una versión más avanzada del *Block II*. El primer satélite se lanzó en 1990, y el último en 1997. En total se lanzaron 19 satélites. En la actualidad (mayo 2011) aún quedan 11 satélites en funcionamiento.

Como características, cabe destacar el uso del código C/A para uso civil y el P-Code para uso militar. Tienen una vida útil estimada de 7 años y medio.

- **Block IIR**

El desarrollo de este grupo de satélites se hizo con vistas a ir sustituyendo a los *Blocks II* y *IIA*. Se lanzaron 13 satélites entre 1997 y 2004. En la actualidad (mayo 2011) quedan 12 satélites en funcionamiento.

En este *Block* se implementó la supervisión del reloj de a bordo.

- **Block IIR(M)**

Este *Block* se desarrolló como una modernización del *Block IIR*, así como para seguir sustituyendo aquellos satélites que quedaran en desuso. Se desplegaron 8 satélites entre 2005 y 2009, de los cuales aún quedan 7 en uso (mayo 2011).

Para este grupo de satélites se ha implementado la transmisión de la señal L2C, la nueva señal militar M-Code, así como la posibilidad de tener unos niveles de potencia flexibles para las señales militares.

- **Block IIF**

Con este *Block* se expanden las funcionalidades del *Block IIR(M)*. Se añade la nueva señal L5 para aplicaciones civiles críticas, así como una mezcla de relojes atómicos que permiten mejorar enormemente la precisión. También tienen un mayor tiempo de vida útil, estimado en 12 años.

Actualmente (mayo 2011) hay un satélite desplegado, lanzado en mayo de 2010, de una serie de 12 satélites.

- **Block IIIA**

La tercera generación de satélites GPS permitirá el uso de la señal civil L1C. También se mejora el tiempo de vida útil hasta los 15 años. En un futuro se espera implementar el sistema DASS (*Distress Alerting Satellite System*) [62] para búsqueda y rescate, así como intercomunicación entre satélites.

Actualmente (mayo 2011) está en fase de desarrollo, pero se esperan desplegar un total de 12 satélites. [63]

## 2.8. Otros sistemas GNSS actuales

Además del sistema GPS, existen otros sistemas GNSS con una función y unas características similares. Hay algunos que ya están operativos, otros que están en fase de pruebas, y otros aún desarrollándose. Los principales son el GLONASS ruso, el GALILEO europeo y el COMPASS chino. Además, hay otros sistemas regionales que se centran en una determinada zona, como el BEIDOU chino, el DORIS francés, el IRNSS indio, o el QZSS japonés.

### 2.8.1. GLONASS

Las bases del sistema GLONASS comenzaron a forjarse en 1957 como un proyecto que estudiaba la manera de usar herramientas radioastronómicas para un posible uso en la navegación aérea.

En 1967 se puso en órbita el primer satélite, el *Cosmos-192*, que proporcionaba información de radionavegación a unas frecuencias de 150 y 400 MHz.

En 1979 se puso en marcha el sistema CICADA, formado por 4 satélites que orbitaban a una altura de 1000 Km en 4 planos con una inclinación de 83° y una distribución uniforme de planos a lo largo del ecuador. El sistema permitía a un usuario determinar sus coordenadas mientras durara la conexión con el satélite, es decir, unos 5 ó 6 minutos cada 2 horas aproximadamente.

Durante el consiguiente desarrollo del sistema, se buscó mejorar la precisión y tratar de predecir los parámetros de las órbitas de navegación de los satélites.

Más adelante, el sistema CICADA fue equipado con instrumentación capaz de detectar emergencias. Cuando el satélite recibía una de estas señales de emergencia, se retransmitía a una estación especial en tierra que calculaba la posición del objeto en peligro. Los satélites del sistema equipados con esta tecnología terminaron formando el sistema COSPAS que, uniéndose al sistema SARSAT, terminó formando el sistema de búsqueda y rescate hoy conocido como COSPAS-SARSAT [64].

El buen funcionamiento de los sistemas de navegación por satélite en órbitas LEO (*Low Earth Orbit*) usados en la navegación marítima, permitió que creciera el interés en este tipo de sistemas. Esto provocó que se empezara a trabajar para conseguir un sistema de navegación global. Sin embargo, una órbita tan baja no permitía el uso que se le quería dar.

Se definió la estructura del futuro sistema, donde 18 satélites orbitarían a una altitud de 20.000 Km. De esta forma se conseguía visibilidad constante de, al menos, 4 satélites al mismo tiempo. Más tarde, y para mejorar la precisión, se incrementó el número de satélites a 24.

En octubre de 1982 comenzaron las pruebas del nuevo sistema de navegación por satélite, al que se llamó GLONASS, con la puesta en órbita del primer satélite del sistema, el *Kosmos-1413*. El sistema comenzó a hacer pruebas operativas en 1993 y, en 1995, se completó la constelación de 24 satélites.

El sistema proporciona una navegación global continua a todo tipo de usuarios con diferentes tipos de necesidades.

Sin embargo, a partir de 1990 se redujo el presupuesto para la industria espacial, por lo que el sistema se fue degradando paulatinamente llegando en 2002 a estar únicamente 8 satélites operativos. Para solucionar esto, se aprobaron una serie de documentos, incluyendo un programa de apoyo al sistema de navegación global, que permitía dar soporte y continuidad al sistema.

Por otro lado, desde 2007 se eliminaban del sistema todas las restricciones de precisión, permitiendo así un uso comercial ilimitado [65].

### **2.8.2. GALILEO**

El sistema GALILEO es el sistema GNSS europeo. Actualmente aún está en desarrollo, pero cuando esté operativo permitirá interoperabilidad con los otros dos sistemas que actualmente están en funcionamiento: GPS y GLONASS, de forma que un usuario podrá obtener su posición usando cualquier satélite de cualquier sistema.

El sistema GALILEO garantizará la disponibilidad del servicio ante cualquier tipo de circunstancia e informará a los usuarios en segundos de cualquier problema que suceda en un satélite. De esta forma, su uso será posible para aquellas aplicaciones donde la seguridad sea crítica.

En diciembre de 2005 se lanzó el primer satélite experimental, el GIOVE-A, cuya misión era probar los sistemas internos del satélite, así como el funcionamiento de las estaciones terrenas. Una vez situado en órbita y gracias a los instrumentos científicos que lleva a bordo, este satélite también se está encargando de comprobar ciertos aspectos del entorno espacial, en concreto el nivel de radiación, que en las órbitas MEO (*Medium Earth Orbit*) en las que se mueven estos satélites es mayor que en las LEO o las GEO (*Geostationary Earth Orbit*).

En abril de 2008 se lanzó un segundo satélite experimental, el GIOVE-B, que continuó con las comprobaciones iniciadas con el GIOVE-A. En este caso, las especificaciones técnicas del satélite eran mucho más parecidas a las de los satélites que finalmente van a formar parte del sistema.

Durante el año 2011 está previsto lanzar 4 satélites (el mínimo requerido para usar el sistema) que permitirán comprobar si el segmento espacial y el segmento terrestre funcionan correctamente. Una vez que se valide el buen funcionamiento del sistema, se desplegarán nuevos satélites hasta tener un mínimo para poder comenzar a hacer uso del mismo. Según se vayan lanzando nuevos satélites, nuevas funcionalidades y servicios se irán incorporando al sistema.

Una vez que se despliegue todo el sistema, éste estará formado por un total de 30 satélites, de los cuales 27 estarán operativos y 3 se dejarán para tareas de respaldo en caso de fallo de alguno de ellos. Los satélites se posicionarán en tres planos con una inclinación de 56° con respecto al plano del ecuador, a una altitud de 23.222 Km (órbita MEO).

Con todo este sistema operativo, la señal de navegación proporcionará buena cobertura en la práctica totalidad de la Tierra. Además, el hecho de tener tantos satélites próximos entre sí y la disponibilidad de los 3 satélites de respaldo, permitirá que el fallo de un satélite resulte imperceptible para el usuario.

El segmento terrestre estará formado por dos centros de control, o GCCs (*Galileo Control Center*). Estarán en suelo europeo y se encargarán del control de los satélites y del mantenimiento del sistema.

Por otro lado, habrá una red de 20 estaciones sensoras, o GSSs (*Galileo Sensor Station*) que se encargarán de enviar a las GCCs los datos recopilados del estado de los satélites. Las GCCs usarán estos datos para calcular la información de integridad y para sincronizar la señal de reloj de cada satélite con el reloj del segmento terrestre.

Para el intercambio de datos entre los satélites y los centros de control, se usarán una serie de estaciones distribuidas a lo largo de la superficie de la Tierra. Concretamente, habrá 5 que usarán la banda S de radiofrecuencia, y 10 que usarán la banda C.

En un futuro, GALILEO proporcionará un servicio global de búsqueda y rescate (SAR – *Search and Rescue*), basado en el sistema COSPAS-SARSAT actual. Para ello, cada satélite irá equipado con un transpondedor que permitirá transferir las señales de socorro emitidas por el transmisor del usuario directamente con el centro de emergencias. Además, el sistema enviará una señal al usuario indicándole que su aviso ha sido recogido y que la ayuda está en camino [66].

### **2.8.3. COMPASS**

También conocido como BeiDou 2, COMPASS es el sistema GNSS desarrollado por China para dar servicio de navegación por satélite.

Aún está en desarrollo. El sistema empezará a dar cobertura en un principio a China y sus regiones vecinas para, posteriormente, extenderse al resto del mundo.

COMPASS tendrá dos tipos de servicios: un servicio gratuito orientado al uso civil, y otro militar que únicamente podrán usar aquellos autorizados para ello. El servicio civil tendrá una precisión de 10 m para la posición, 0,2 m/s para la velocidad, y 50 nanosegundos para el tiempo. En el caso del servicio militar, la precisión será mayor en todos los campos.

Una vez que el sistema esté completo, constará de 35 satélites, de los cuales 30 estarán en una órbita MEO, y 5 serán satélites geoestacionarios en órbita GEO [67].





# Capítulo 3

## Gestión de flotas

### 3.1. Descripción

La gestión de flotas es la forma en la que una compañía puede monitorizar sus flotas de vehículos de manera que puede localizar cada vehículo, situarlo en un mapa, o comprobar el estado del mismo.

La gestión de flotas puede incluir, además del seguimiento del vehículo, otras funciones como el seguimiento de los parámetros mecánicos del mismo, así como el monitoreo del conductor. De esta manera se incrementa la seguridad, la eficiencia y la productividad, y se reducen costes.

El control de todos estos parámetros se puede hacer desde la propia compañía, mediante el uso de un software especial necesario para tal fin.

### 3.2. Seguimiento del vehículo

La función básica en el control de flotas es el seguimiento del vehículo. Esto se hace con cualquier sistema de localización, ya sea terrestre (LORAN, triangulación GPRS - *General Packet Radio Service* - [68]) o por satélite, aunque lo más común es usar el sistema GPS.

Una vez que el vehículo ha sido localizado, los datos de localización son enviados a la aplicación de control de flotas, donde éstos son procesados y analizados mostrando la situación del vehículo.

En los sistemas de control de flotas más avanzados, además de la localización del vehículo también se transmiten otros parámetros mecánicos del estado del vehículo, como velocidad, temperatura del aceite, consumo de combustible, etc...

Además, también se pueden enviar mensajes al vehículo solicitando algún parámetro. En algunos casos, si el sistema instalado en el vehículo dispone de un display, se pueden enviar mensajes al conductor.

Para la transmisión de los datos a la aplicación de control de flotas o al propio vehículo se suele usar la tecnología GPRS mediante el envío de mensajes de texto con la información requerida.

Si el vehículo se encuentra en zonas remotas o de poca cobertura para el envío de los datos, se suelen usar comunicaciones vía satélite que, aunque son menos económicas, en estos casos son la única opción disponible.

# Capítulo 4

## Estructura de la aplicación

### 4.1. Introducción

La aplicación ***Helios GPS Tracking*** es una aplicación que permite monitorizar la posición de uno o varios clientes en tiempo real y comprobar todos los movimientos que hayan realizado. Estos clientes pueden ser personas físicas, vehículos, o cualquier otro tipo de entidad susceptible de ser localizada.

La aplicación está formada por otras dos aplicaciones: una aplicación cliente que debe portar cada cliente a monitorizar, y un servidor donde se configuran las opciones de los clientes y se muestran los resultados.

Además, para poder guardar todas las posiciones de los clientes así como los datos relativos a la aplicación, se hace uso de una base de datos donde se incluye toda esta información.

En cuanto a la comunicación cliente-servidor, se utiliza un protocolo de comunicaciones propio que permite el envío de toda la información necesaria para que dicha comunicación se lleve a cabo.

## 4.2. Servidor

La aplicación del servidor es la encargada de controlar la conexión y las opciones de los clientes, así como de mostrar su localización.

Es una aplicación de escritorio que permite su ejecución desde cualquier equipo con sistema operativo Windows de 32 bits y el framework .NET 2.0 instalado.

Desde el servidor se puede iniciar y parar la conexión, de forma que los clientes que se quieran conectar puedan hacerlo.

El acceso a esta aplicación se puede hacer mediante tres perfiles de usuario distintos, dando cada uno de ellos unos permisos concretos al usuario que se conecta.

- **Operador:** el usuario entra en modo consulta. No puede modificar ningún parámetro de la aplicación, ni de los clientes, ni de otros usuarios. Tan solo puede modificar su propia contraseña.
- **Gestor:** los mismos permisos que el usuario *Operador*, aunque ahora puede modificar la configuración de los clientes, así como arrancar y parar la conexión.
- **Administrador:** los mismos permisos que el usuario *Gestor*, además de poder crear, modificar o borrar usuarios.

Como ya se ha comentado, con el servidor se pueden dar de alta nuevos usuarios, modificar los permisos de los ya existentes, o borrarlos.

En cuanto a los clientes, controla que aquellos que se quieran conectar se autentifiquen correctamente. También se pueden dar de alta nuevos clientes, modificar sus opciones, o borrarlos.

Si un cliente se borra, se pueden conservar las trazas de sus posiciones de forma que se puedan volver a consultar aunque el cliente ya no tenga acceso al servidor.

Además, gracias a Google Maps, se pueden ver las posiciones de los clientes en un navegador integrado en la aplicación, con todas las opciones que Google Maps incluye (mapa, satélite, relieve, 3D...).

## 4.3. Cliente

Al igual que el servidor, el cliente es una aplicación de escritorio que permite su ejecución desde cualquier equipo con sistema operativo Windows de 32 bits y framework .NET 2.0 instalado.

El cliente es una aplicación autónoma que, automáticamente al ejecutarse, trata de conectarse con el servidor. Inmediatamente después, incluso si la conexión no se ha podido llevar a cabo,

comienza a capturar posiciones mediante un dispositivo GPS conectado a la aplicación y a reenviarlas al servidor.

Cada envío de posición tiene su correspondiente ACK de comprobación para no perder ninguna de ellas.

Si la conexión con el servidor falla, se reintenta 30 segundos después. Si vuelve a fallar, 60 segundos después, y así sucesivamente incrementándose el tiempo 30 segundos cada vez. A su vez, sigue almacenando posiciones hasta un máximo definido de forma que si se alcanza ese máximo se comienzan a sobrescribir las posiciones más antiguas. Cuando se consigue conectar, vuelca todas las posiciones al servidor, pero en paquetes de tamaño reducido para no saturarle.

El cliente tiene varios parámetros configurables desde el servidor, como son su contraseña, si envía o no posiciones al servidor, y el intervalo de tiempo que tarda en enviar cada posición.

#### 4.4. Base de datos

Para poder almacenar toda la información de la aplicación se hace uso de una base de datos Microsoft Office Access. La elección de esta ha sido, principalmente, su portabilidad, ya que de esta forma puede acompañar a la aplicación del servidor en el sitio donde ésta se ejecute y así no hace falta tener una conexión con otro servidor.

Las tablas usadas y sus campos son:

- **PFC\_C\_ENVIO\_POS:** representa los valores que indican si se envían o no posiciones del cliente al servidor.
  - **CD\_ENVIO\_POS:** representa el valor que indica si se envían o no tramas de posición desde el cliente.
  - **DS\_ENVIO\_POS:** descripción del valor que indica si se envían o no tramas de posición desde el cliente.
- **PFC\_C\_FREQ\_TRAMAS:** representa los valores de frecuencia por defecto que puede tomar el envío de posiciones desde el cliente.
  - **FRECUENCIA:** descripción del tipo de frecuencia.
  - **VALOR:** valor correspondiente al tipo de frecuencia (en segundos).
- **PFC\_C\_TIPOUSUARIO:** representa los tipos de usuario que se pueden conectar al servidor.
  - **CDTIPOUSUARIO:** código del tipo de usuario.
  - **DSTIPOUSUARIO:** tipo de usuario.
- **PFC\_CLIENTE:** representa un cliente y sus parámetros.
  - **CDCLIENTE:** código del cliente.
  - **CLIENTE:** nombre del cliente.
  - **CLAVE:** contraseña del cliente.
  - **FREQ\_CAPTURA:** frecuencia de captura de la trama del GPS (en segundos).
  - **CD\_ENVIO\_POS:** indica si envía la posición o no.

- **CONECTADO:** indica si el cliente está conectado o no.
- **BORRADO:** indica si el cliente se ha borrado (manteniendo sus trazas) o no.
- **PFC\_CLIENTE\_POS:** identifica una posición dada para un cliente determinado.
  - **IDPOSICION:** identificador de posición.
  - **CDCLIENTE:** código de usuario.
  - **HORA\_UTC:** hora en formato UTC.
  - **FECHA:** fecha en la que se ha tomado la posición.
  - **LATITUD:** valor de la latitud en formato DD MM.MMMMM.
  - **LONGITUD:** valor de la longitud en formato DDD MM.MMMMM.
  - **ALTURA:** altitud sobre el nivel del mar (en metros).
  - **VELOCIDAD:** velocidad del usuario en Km/h.
  - **NUM\_SAT:** número de satélites visibles.
  - **ESTADO\_GPS:** indica si la posición obtenida del GPS es válida o no.
- **PFC\_PERMISOS\_USUARIO:** representa los tipos de permiso de usuario.
  - **CDUSUARIO:** código de usuario.
  - **CDTIPOUSUARIO:** código del tipo de usuario.
- **PFC\_USUARIO:** representa un usuario y sus parámetros.
  - **CDUSUARIO:** código de usuario.
  - **USUARIO:** nombre del usuario.
  - **CLAVE:** contraseña del usuario.
  - **FCALTA:** fecha de alta del usuario.

El diagrama entidad-relación se puede ver en la siguiente figura.

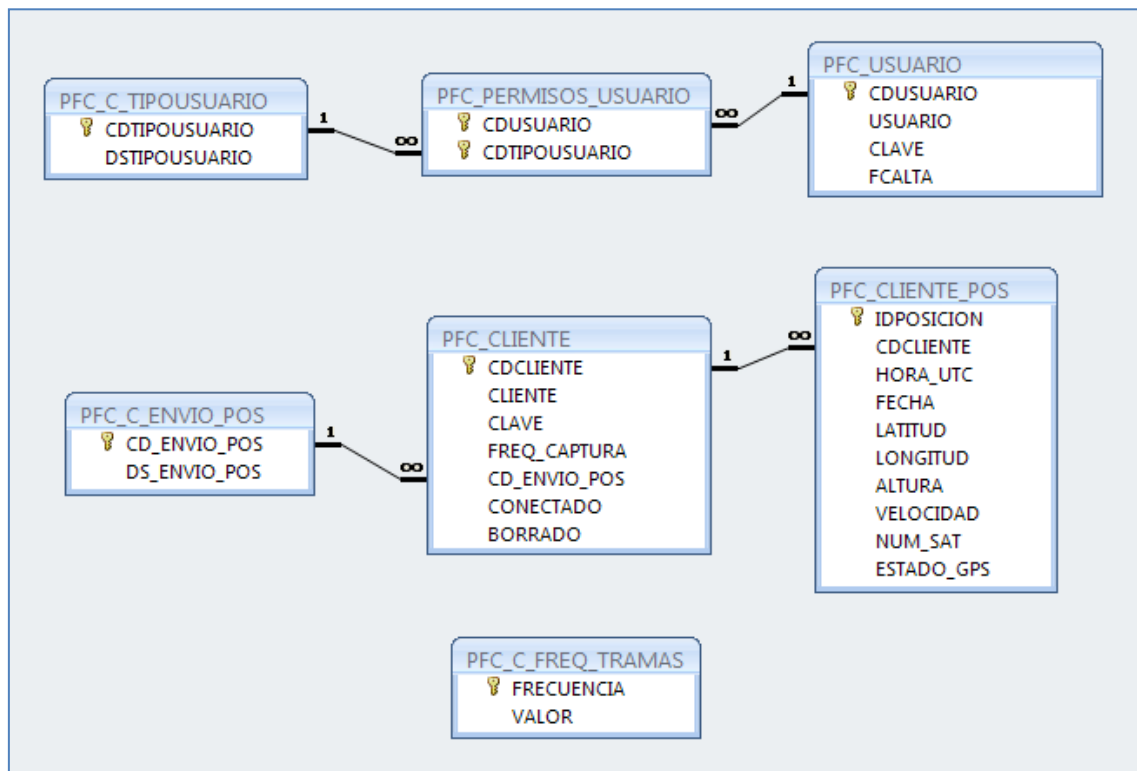


Fig. 17: diagrama entidad-relación

## 4.5. Protocolo de comunicación

Este protocolo, de definición propia, permite la comunicación entre el cliente y el servidor. Está compuesto por caracteres ASCII imprimibles, por lo que el protocolo se transmite como texto plano encapsulado dentro de una comunicación TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) [69].

Está formado por 3 bytes de cabecera, un contenido variable de datos, y un byte de cola. El primer byte de la cabecera y el byte de la cola definen el inicio y el fin del mensaje.

@	0-255	0-3	0-15	0 1	0 1	... Variable ...	@
Delimitador (1 byte)	Núm. cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)		Contenido mensaje (0-N bytes)	Delimitador (1 byte)
Cabecera						Contenido	Cola

Tabla 1: protocolo de comunicación

### 4.5.1. Cabecera

La cabecera permite definir el comienzo del mensaje. Está formada por 3 bytes.

- **Delimitador:** (1 byte) indica el comienzo del mensaje mediante el carácter ASCII '@'.
- **Número de cliente:** (1 byte) define qué cliente recibe o transmite el mensaje. Al inicio de la comunicación, el número de cliente es 0 hasta que el servidor asigna un número al cliente.
- **Tipo de mensaje:** (2 bits) indica el tipo de mensaje entre 4 tipos distintos:
  - **0 – Login:** mensajes relacionados con la autenticación del cliente.
  - **1 – Posición:** mensajes relacionados con el envío de posiciones del cliente.
  - **2 – Control:** mensajes relacionados con la modificación de los parámetros del cliente.
  - **3 – Error:** mensajes relacionados con posibles problemas en la comunicación o en los datos intercambiados.
- **Subtipo de mensaje:** (4 bits) permite definir 16 subtipos de mensaje distintos para cada uno de los 4 posibles tipos de mensaje. No todos los subtipos están definidos, dejando así libre el poder ampliar la comunicación con nuevos subtipos de mensaje. En la siguiente tabla se pueden ver cada uno de los posibles subtipos de mensajes correspondientes a cada tipo de mensaje, así como el sentido del mensaje (del cliente al servidor o viceversa).

Subtipo de mensaje	Tipo de mensaje			
	0 – Login	1 – Posición	2 – Control	3 – Error
0	Envío de login del cliente (C → S)	Envío de posición (C → S)	Solicitud para modificar los datos del cliente (C ← S)	Nombre del cliente incorrecto en el login (C ← S)
1	ACK del envío de login (C ← S)	ACK del envío de posición (C ← S)	ACK de control (cambio OK) (C → S)	Contraseña incorrecta del cliente en el login (C ← S)
2	N/A	N/A	N/A	Cliente ya conectado (C ← S)
3	N/A	N/A	N/A	Posición no válida (C ← S)
4	N/A	N/A	N/A	No se ha podido hacer el cambio solicitado (C → S)
5	N/A	N/A	N/A	Error interno en el servidor (C ← S)
6	N/A	N/A	N/A	Error interno en el cliente (C → S)
7	N/A	N/A	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	N/A
9	N/A	N/A	N/A	N/A
10	N/A	N/A	N/A	N/A
11	N/A	N/A	N/A	N/A
12	N/A	N/A	N/A	N/A
13	N/A	N/A	N/A	N/A
14	N/A	N/A	N/A	N/A
15	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2: tipos y subtipos de mensajes

- **Bits de control:** (2 bits) dado que los primeros 32 caracteres del código ASCII son caracteres de control, estos no se pueden usar en el protocolo. Por otro lado, excepto los delimitadores, no puede haber ningún byte que corresponda con el carácter ASCII '@' porque si no, no se conocería el tamaño real del mensaje. Para evitar esto, se utilizan los bits de control. Como el primer byte de la cabecera es fijo, sólo se controlan los otros 2 bytes, de forma que si alguno de ellos cumple alguna de las condiciones anteriores, se suma 32 a dicho byte y se activa el bit de control correspondiente poniéndolo a 1. En caso contrario, el bit de control será 0. Cuando el receptor del mensaje compruebe los bits de control, lo único que tendrá que hacer es restar 32 al byte correspondiente al bit de control que esté activado.

#### 4.5.2. Contenido

El contenido es variable, ya que el protocolo permite contenidos nulos. Su valor máximo está definido en la aplicación como 1024 bytes, aunque el protocolo IP permite tamaños de hasta 65536 bytes.

Para cada tipo de mensaje, el contenido asociado, así como los valores de la cabecera y la cola son los siguientes.



#### 4.5.2.1. Envío de login del cliente

@	0	0	0	0 1	0 1	nombreCliente;contraseña	@
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)	Contenido mensaje (N bytes)	Delimitador (1 byte)	
Cabecera						Contenido	Cola

Tabla 3: mensaje de envío de login de cliente

El contenido de este mensaje es el nombre de cliente y la contraseña del mismo, separados por punto y coma para diferenciarlos.

El número de cliente en este caso es 0 ya que el cliente no tiene aún ningún número asociado. Esto sólo se produce en este mensaje y en los de error de login (cliente incorrecto, contraseña incorrecta y cliente ya conectado).

#### 4.5.2.2. ACK de respuesta del servidor al login del cliente

@	1-255	0	1	0 1	0 1	Frecuencia;envioPosiciones	@
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)	Contenido mensaje (N bytes)	Delimitador (1 byte)	
Cabecera						Contenido	Cola

Tabla 4: mensaje ACK de respuesta del servidor al login del cliente

El contenido del ACK de respuesta al login son la frecuencia de captura de posiciones y si envía posiciones o no, separados por punto y coma. Esto se hace así ya que estos parámetros se han podido modificar durante el tiempo en el que el cliente no estaba conectado al servidor.

Ahora el número de cliente es diferente de 0, ya que el servidor asocia el cliente a un número no usado por ningún otro cliente. Para el resto de mensajes, el cliente usará este número.

#### 4.5.2.3. Envío de posición

@	1-255	1	0	0 1	0 1	1	0-127	1	0-127
Delimitador (1 byte)	Número Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)		Bit hijo (1 bit)	Número de posición (primera parte) (7 bits)	Bit hijo (1 bit)	Número de posición (segunda parte) (7 bits)
Cabecera						Contenido ...			
						Byte 1		Byte 2	

1	0-24	0 1	0 1	1	1	0-906099999				
Bit fijo (1 bit)	Número de satélites (5 bits)	Estado GPS (1 bit)	Signo latitud (1 bit)	Bits fijos (2 bits)		Latitud (30 bits)				
... Contenido ...										
Byte 3				Byte 4		Byte 5		Byte 6		Byte 7

0	0-1806099999							1	0	0	0	0	0	0	0
1								1	1	1	1	1	1	1	1
Signo longitud(1 bit)	Longitud (31 bits)							Bit hijo (1 bit)	Bits de control de los bytes 5 al 11 (7 bits)						
... Contenido ...															
Byte 8			Byte 9		Byte 10		Byte 11			Byte 12					

1	0-235959			10100-311299			...		
Bit fijo (1 bit)	Hora UTC (18 bits)			Fecha (19 bits)			Altura (17 bits) ...		
	... Contenido ...								
Byte 13		Byte 14		Byte 15		Byte 16		Byte 17	

0-99999		0-511		1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	@
... Altura (17 bits)		Velocidad (9 bits)		Bit fijo (1 bit)	Bits de control de los bytes 14 al 20 (7 bits)							Delimitador (1 byte)
... Contenido												Cola
Byte 18	Byte 19	Byte 20		Byte 21								

Tabla 5: mensaje de envío de posición

En este caso, el contenido está formado por los diferentes campos que conforman la posición obtenida del GPS del cliente en un instante determinado.

- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 1.
- **Número de trama (primera parte):** (7 bits) como el número máximo de posiciones definidas que se pueden almacenar en el cliente son 16384, se usan los 7 últimos bits de dos bytes para cubrir todas ellas ( $2^{14} = 16384$ ). Esta es la primera parte del número de trama.
- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 2.
- **Número de trama (segunda parte):** (7 bits) segunda parte del número de trama recibido.
- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 3.
- **Número de satélites:** (5 bits) indica el número de satélites visibles por el receptor GPS.
- **Estado GPS:** (1 bit) indica si la posición recibida es válida (0) o no (1).
- **Signo latitud:** (1 bit) indica si la latitud es norte (0) o sur (1).
- **Bits fijos:** (2 bits) se utilizan para evitar tener que usar bits de control en el byte 4.
- **Latitud:** (30 bits) indica la latitud de la posición obtenida.
- **Signo longitud:** (1 bit) indica si el longitud este (0) u oeste (1).
- **Longitud:** (31 bits) indica la longitud de la posición obtenida.
- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 12.
- **Bits de control de los bytes 5 al 11:** (7 bits) bits que se usan para evitar usar caracteres de control (menores de 32 en ASCII) o el carácter '@' usado como delimitador. Cada uno de los 7 bits representa a uno de los bytes del 5 al 11 respectivamente.
- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 13.
- **Hora UTC:** (18 bits) representa la hora UTC de la posición obtenida.
- **Fecha:** (19 bits) representa la fecha en la que se ha obtenido la posición.
- **Altura:** (17 bits) indica la altura (en metros) de la posición obtenida.
- **Velocidad:** (9 bits) indica la velocidad de la posición obtenida.
- **Bit fijo:** (1 bit) se utiliza para evitar tener que usar bits de control en el byte 21.
- **Bits de control de los bytes 14 al 20:** (7 bits) bits que se usan para evitar usar caracteres de control (menores de 32 en ASCII) o el carácter '@' usado como delimitador. Cada uno de los 7 bits representa a uno de los bytes del 14 al 20 respectivamente.

#### 4.5.2.4. ACK de respuesta del servidor al envío de posición

1-128		1	0-128		1	0-1		0-1	1
Número de posición (segunda parte) (7 bits)		Bit fijo (1 bit)	Número de posición (primera parte) (7 bits)		Bit fijo (1 bit)	Bits de control (2 bits)		Subtipo de mensaje (4 bits)	Tipo de mensaje (2 bits)
Contenido		Cabecera							
									@
Delimitador (1 byte)		Núm. Cliente (1 byte)							

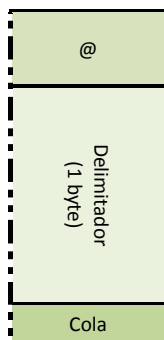


Tabla 6: mensaje ACK de respuesta del servidor al envío de posición

Para este mensaje, el contenido es el número de posición que se ha recibido.

Como el número máximo de posiciones definidas que se pueden almacenar en el cliente son 16384, se usan los 7 últimos bits de dos bytes para cubrir todas ellas ( $2^{14} = 16384$ ). El primer bit de cada byte es un bit fijo que va a 1, por lo que de esta manera el valor mínimo que va a tener el byte es de 128, consiguiendo así no tener que utilizar bits de control.

#### 4.5.2.5. Solicitud para modificar los datos del cliente

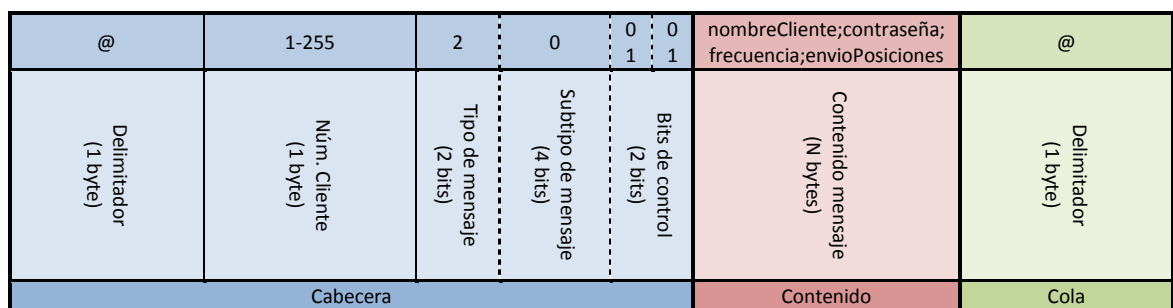


Tabla 7: mensaje de solicitud para modificar los datos del cliente

Cuando se modifican en el servidor los parámetros del cliente, estos se envían al cliente para que los modifique también en su memoria interna. El contenido del mensaje son el nombre del cliente, la contraseña, la frecuencia de captura de posiciones y si envía posiciones o no, separados por punto y coma.

#### 4.5.2.6. ACK de respuesta del cliente a la trama de control



Tabla 8: mensaje ACK de respuesta del cliente a la trama de control

En este mensaje el cliente responde al servidor diciendo que todo está correcto enviando de nuevo su nombre de cliente, su contraseña, la frecuencia de captura de posiciones y si envía posiciones o no, separados por punto y coma.

#### 4.5.2.7. Nombre de cliente incorrecto

@	Delimitador (1 byte)	Cola
0 1	Bits de control (2 bits)	
0	Subtipo de mensaje (4 bits)	
3	Tipo de mensaje (2 bits)	
0	Núm. Cliente (1 byte)	Cabecera
@	Delimitador (1 byte)	

Tabla 9: mensaje error: nombre de cliente incorrecto

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.2.8. Contraseña incorrecta

@	0	3	1	0 1	0 1	@
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)		Delimitador (1 byte)
Cabecera						Cola

Tabla 10: mensaje error: contraseña incorrecta

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.2.9. Cliente ya conectado

@	Delimitador (1 byte)	Cola
0 1	Bits de control (2 bits)	
2	Subtipo de mensaje (4 bits)	
3	Tipo de mensaje (2 bits)	
0	Núm. Cliente (1 byte)	Cabecera
@	Delimitador (1 byte)	

Tabla 11: mensaje error: cliente ya conectado

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.2.10. Posición no válida

@	1-255	3	3	0 1	0 1	1	0-128	1	0-128
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)		Bit fijo (1 bit)	Número de posición (primera parte) (7 bits)	Bit fijo (1 bit)	Número de posición (segunda parte) (7 bits)
Cabecera						Contenido			

@
Delimitador (1 byte)
Cola

Tabla 12: mensaje error: posición no válida

En este caso el contenido vuelve a ser el número de posición enviado. En caso de que no se haya podido decodificar el mensaje y obtener el número de posición que ha provocado el error, se manda como número de posición el 0.

#### 4.5.2.11. No se ha podido hacer el cambio solicitado en el cliente

@	0	3	4	0 1	0 1	@
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)		Delimitador (1 byte)
Cabecera						Cola

Tabla 13: mensaje error: no se ha podido hacer el cambio solicitado en el cliente

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.2.12. Error interno en el servidor

@	Delimitador (1 byte)	Cola
0 1	Bits de control (2 bits)	
5	Subtipo de mensaje (4 bits)	
3	Tipo de mensaje (2 bits)	
0	Núm. Cliente (1 byte)	Cabecera
@	Delimitador (1 byte)	

Tabla 14: mensaje error: error interno en el servidor

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.2.13. Error interno en el cliente

@	0	3	2	0 1	0 1	@	Delimitador (1 byte)	Cola
Delimitador (1 byte)	Núm. Cliente (1 byte)	Tipo de mensaje (2 bits)	Subtipo de mensaje (4 bits)	Bits de control (2 bits)				
Cabecera								

Tabla 15: mensaje error: error interno en el cliente

Este mensaje no tiene contenido.

#### 4.5.3. Cola

Es la parte de la trama que comunica el fin de la misma. Está formada por 1 byte.

- **Delimitador:** (1 byte) indica el fin de la trama mediante el carácter ASCII '@'.





# Capítulo 5

## Diseño de los procesos

### 5.1. Introducción

Cada una de las acciones que las aplicaciones del servidor y del cliente llevan a cabo cuando un usuario actúa sobre un elemento de las mismas, consta de uno o varios procesos que se van ejecutando internamente. A continuación se van a mostrar de forma general dichos procesos mediante diagramas de estado.

### 5.2. Servidor

Estos son los procesos que se originan en el servidor.

#### 5.2.1. Pantalla de login

Los procesos que se realizan en esta pantalla tienen que ver con la autenticación de cada usuario en la aplicación.

### 5.2.1.1. Login

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón 'Aceptar' en la pantalla de 'login'. Previamente debe haber rellenado los campos 'Usuario', 'Contraseña' y 'Perfil de usuario'.

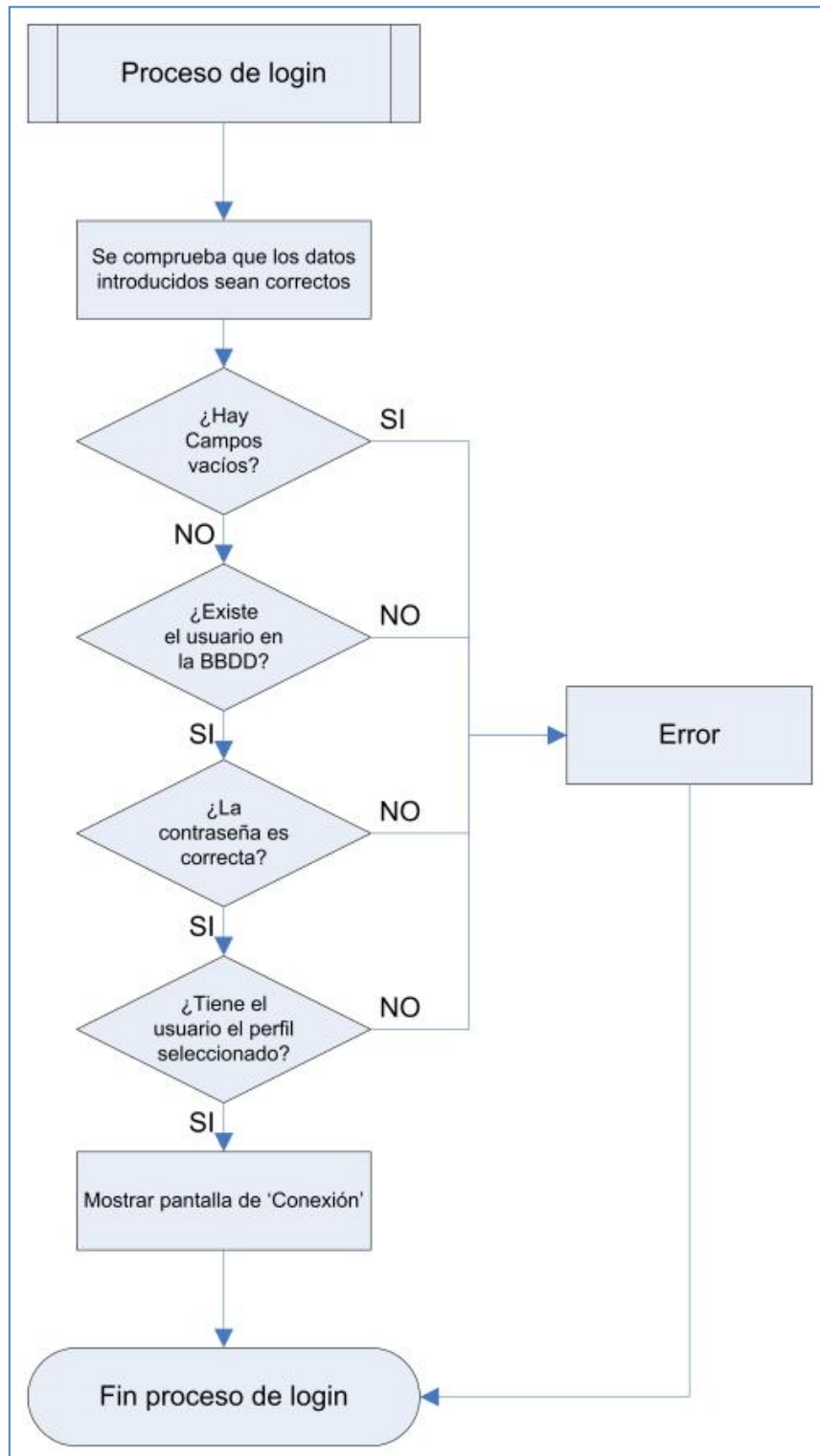


Fig. 18: proceso de login

### 5.2.2. Pantalla de conexión

En esta pantalla, los procesos que se realizan tienen que ver con el inicio y la parada de la conexión del servidor, el acceso a las diferentes acciones que se pueden llevar a cabo con los clientes, y el mostrar información sobre los diferentes procesos que se producen en la aplicación.

#### 5.2.2.1. Iniciar/parar la conexión

En este caso el proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón 'Conectar' (o 'Desconectar', si el servidor estaba previamente conectado) en la pantalla de 'Conexión'. El usuario debe de haberse autenticado en la aplicación con perfil de 'Gestor' o 'Administrador' para que este botón esté activo.

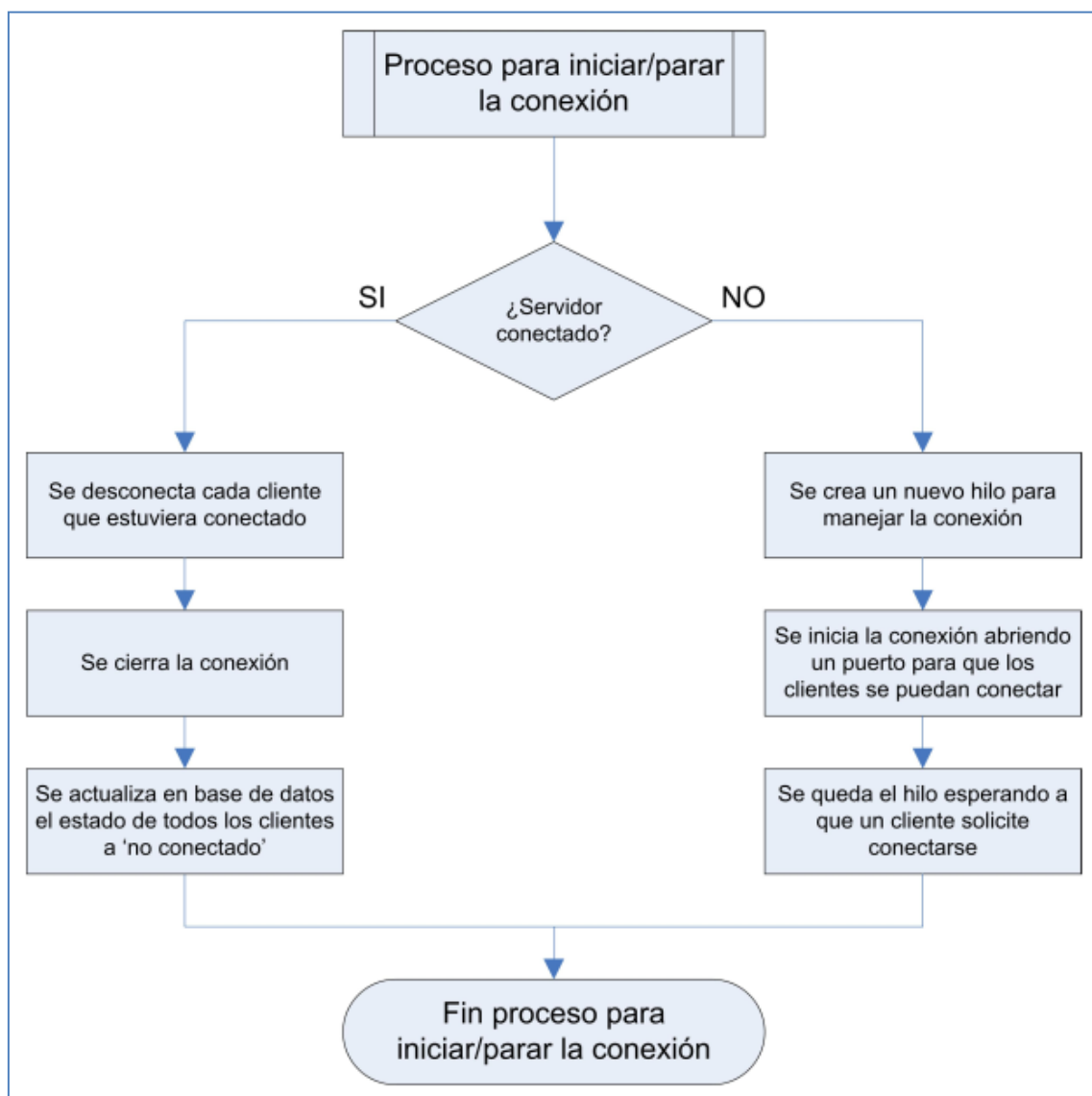


Fig. 19: proceso para iniciar/parar la conexión

### 5.2.2.2. Ver mapa

Este proceso se origina cuando el usuario pulsa el botón 'Ver mapa'. Debe haber un cliente seleccionado de la lista 'Clientes conectados' para que el proceso se lleve a cabo.

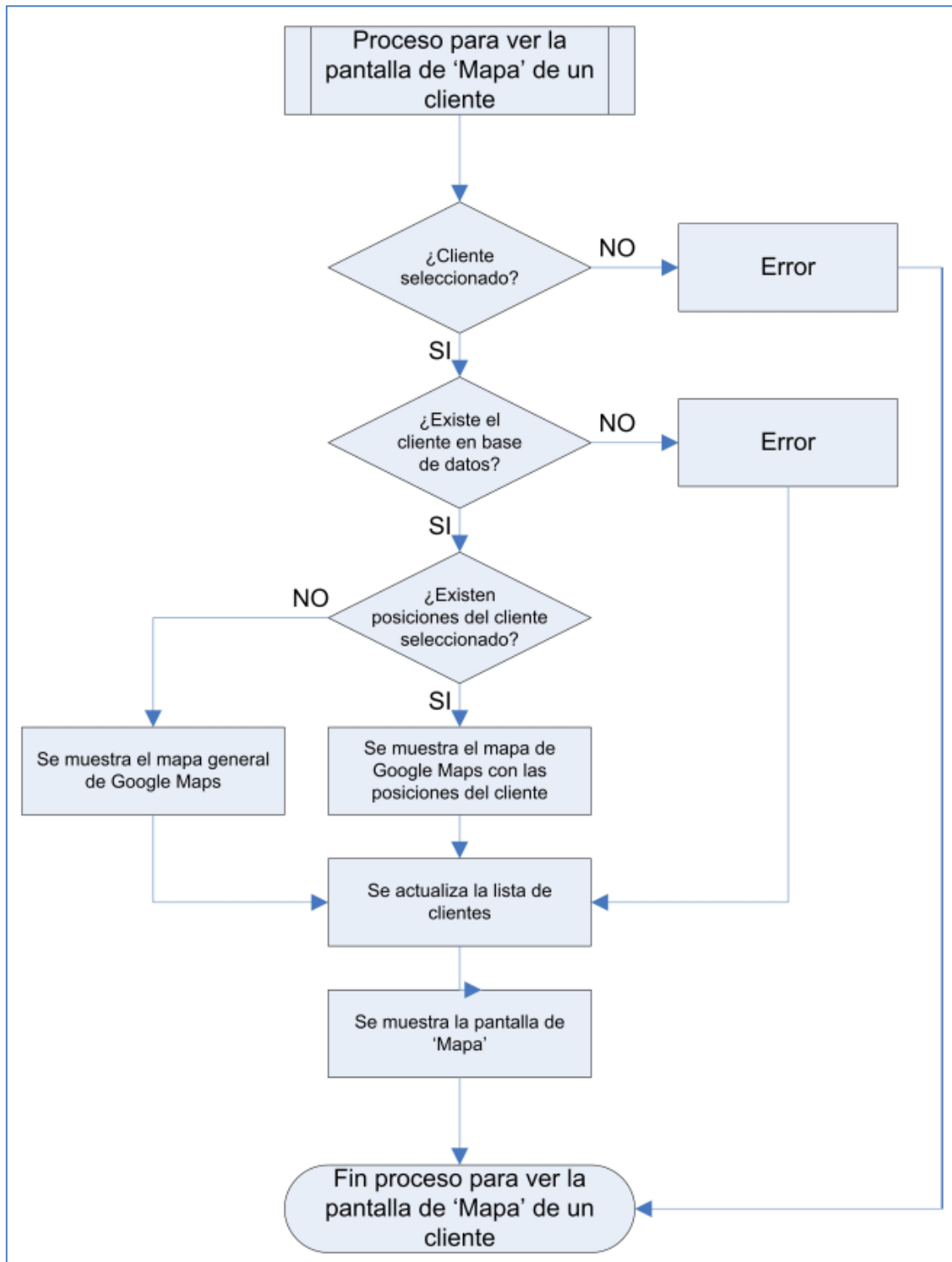


Fig. 20: proceso para ver la pantalla de 'Mapa' de un cliente desde la pantalla de 'Conexión'

### 5.2.2.3. Configurar cliente

Este proceso se produce cuando el usuario pulsa el botón 'Modificar'. Para que el proceso se realice, debe haber un cliente seleccionado de la lista 'Clientes conectados'.

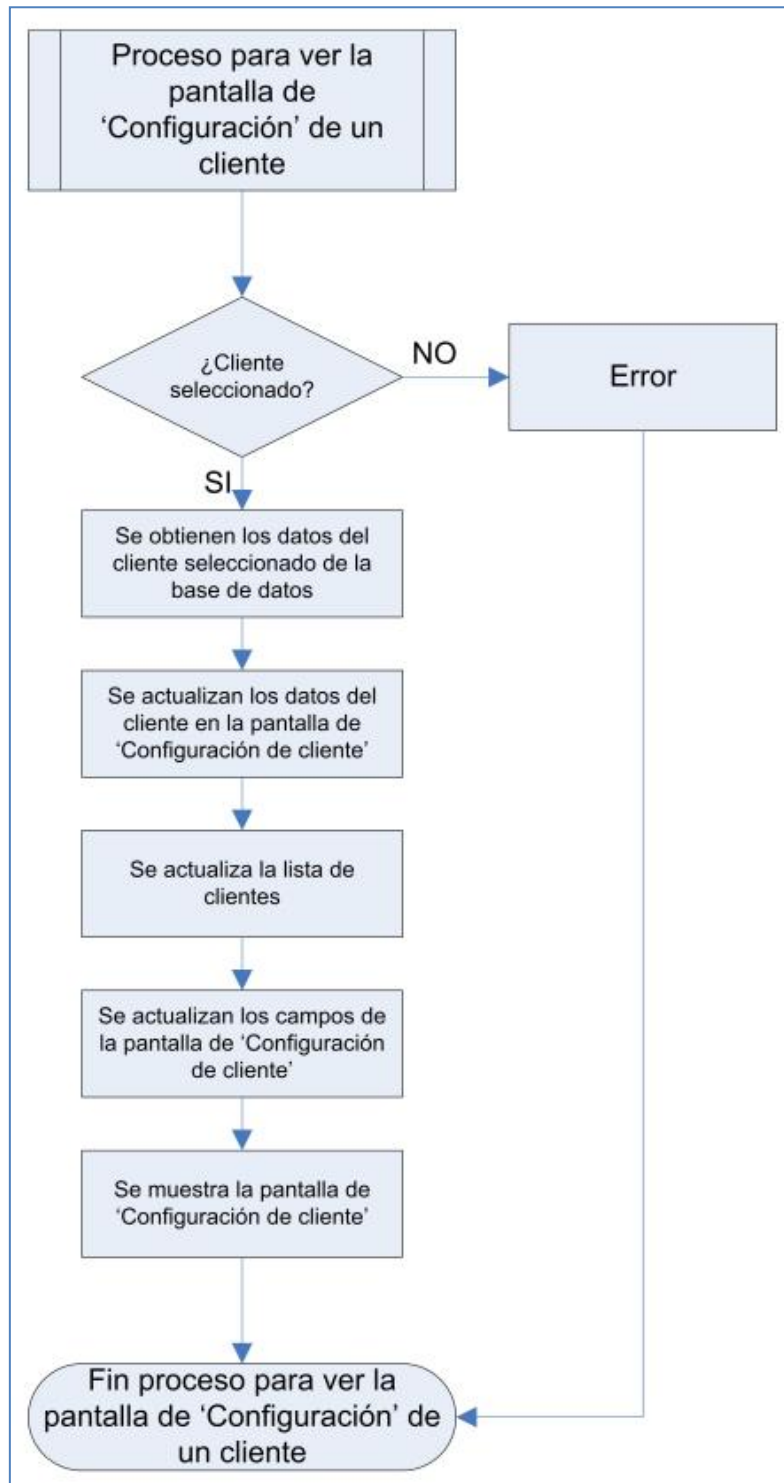


Fig. 21: proceso para ver la pantalla de 'Configuración' de un cliente desde la pantalla de Conexión

#### 5.2.2.4. Log

Este proceso es automático y se va realizando conforme el usuario ejecuta acciones sobre la aplicación, o bien un cliente solicita algún tipo de petición al servidor, de forma que cualquier acción queda reflejada en el log.

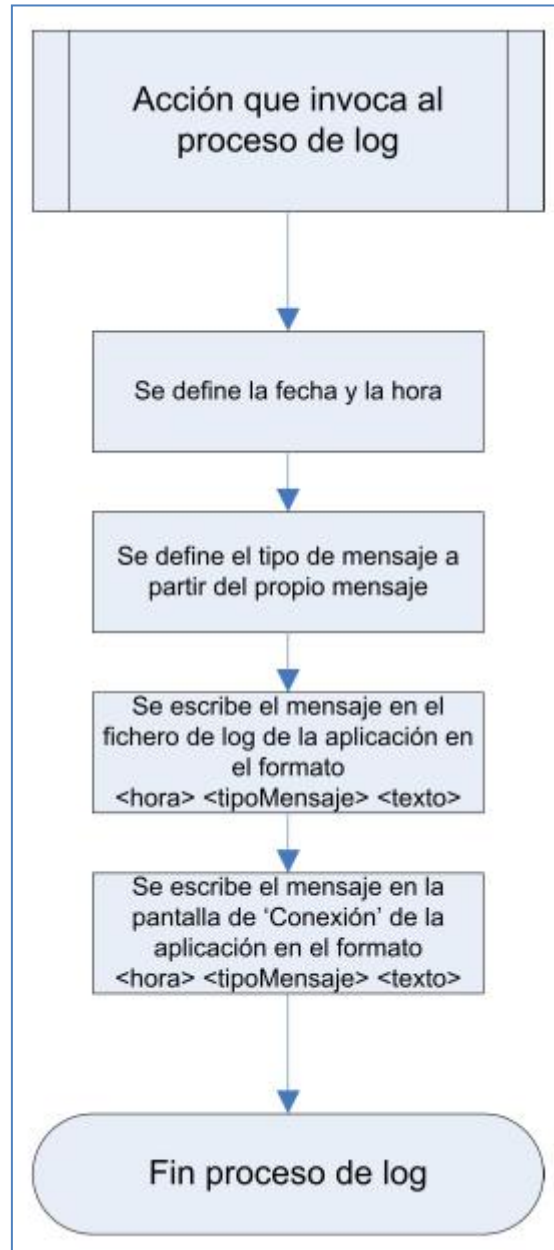


Fig. 22: acción que invoca al proceso de log

### 5.2.3. Pantalla de mapa

En esta pantalla se llevan a cabo los procesos encargados de mostrar el explorador web con el mapa que contiene las posiciones de los clientes, así como de cargar la información de dichas posiciones y de poder filtrar las posiciones según una serie de parámetros.

#### 5.2.3.1. Ver trazas de un cliente

Este proceso se produce cuando el usuario pulsa el botón 'Ver'. Antes se debe haber seleccionado un cliente de la lista 'Clientes'.

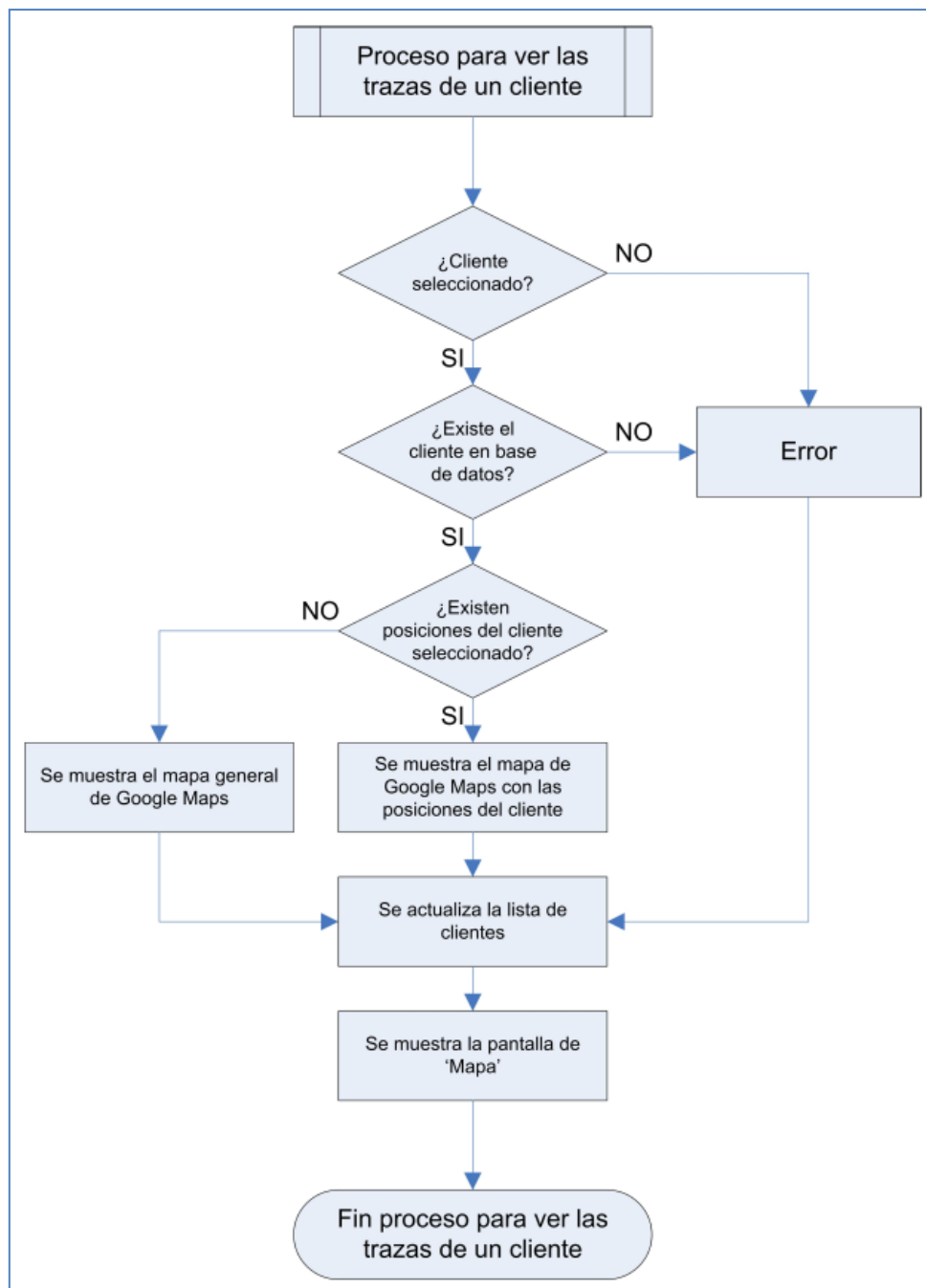


Fig. 23: proceso para ver las trazas de un cliente en la pantalla de 'Mapa'

### 5.2.3.2. Retroceder a la primera posición

Para que este proceso se lleve a cabo, el usuario debe pulsar el botón '<<<' de la pantalla de 'Mapa'. Debe haber un cliente de la lista 'Clientes' previamente seleccionado.

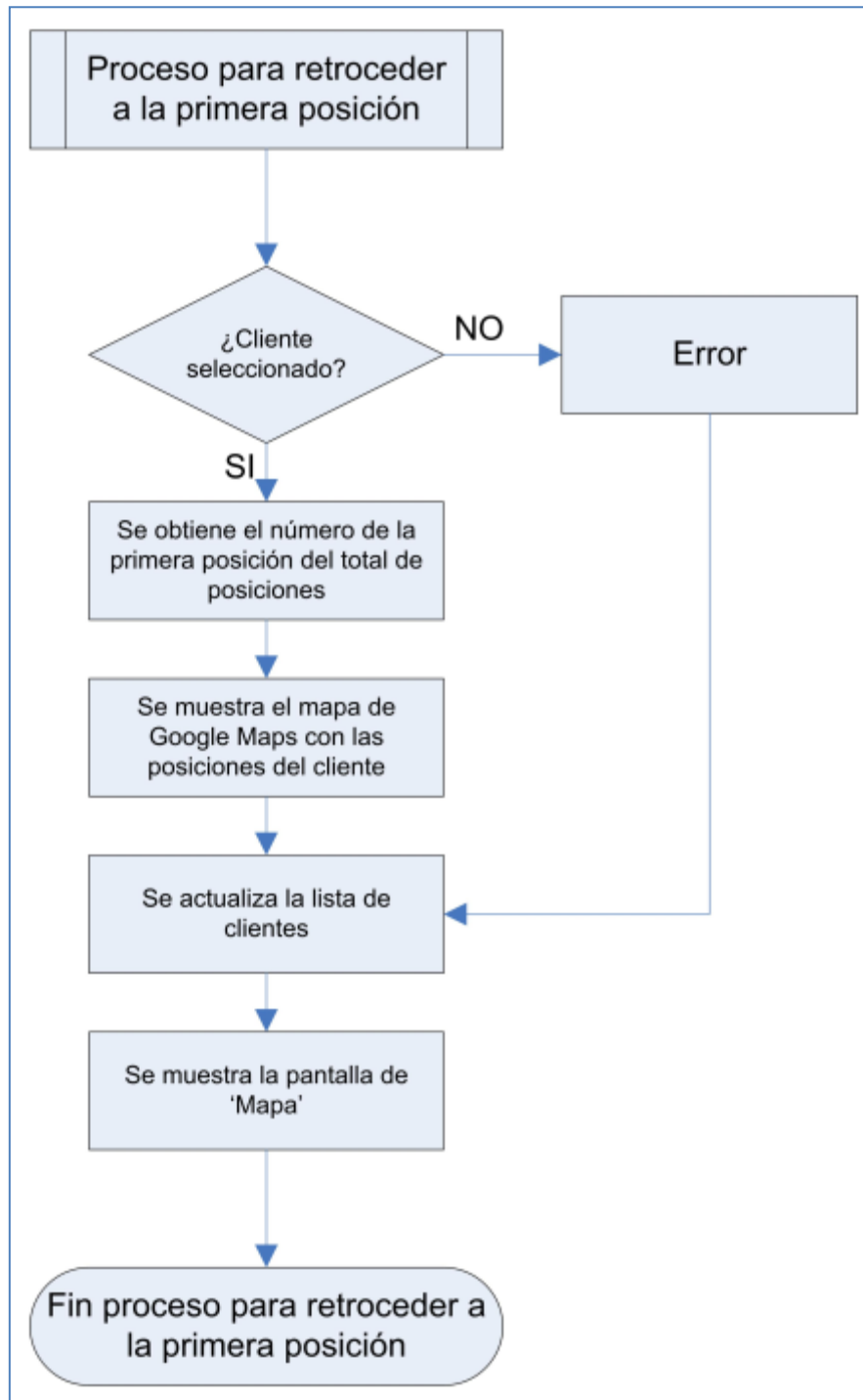


Fig. 24: proceso para retroceder a la primera posición



### 5.2.3.3. Retroceder 10 posiciones

Este proceso se origina al pulsar el usuario el botón '<<' de la pantalla de 'Mapa'. Previamente se debe haber seleccionado un cliente de la lista 'Clientes'.

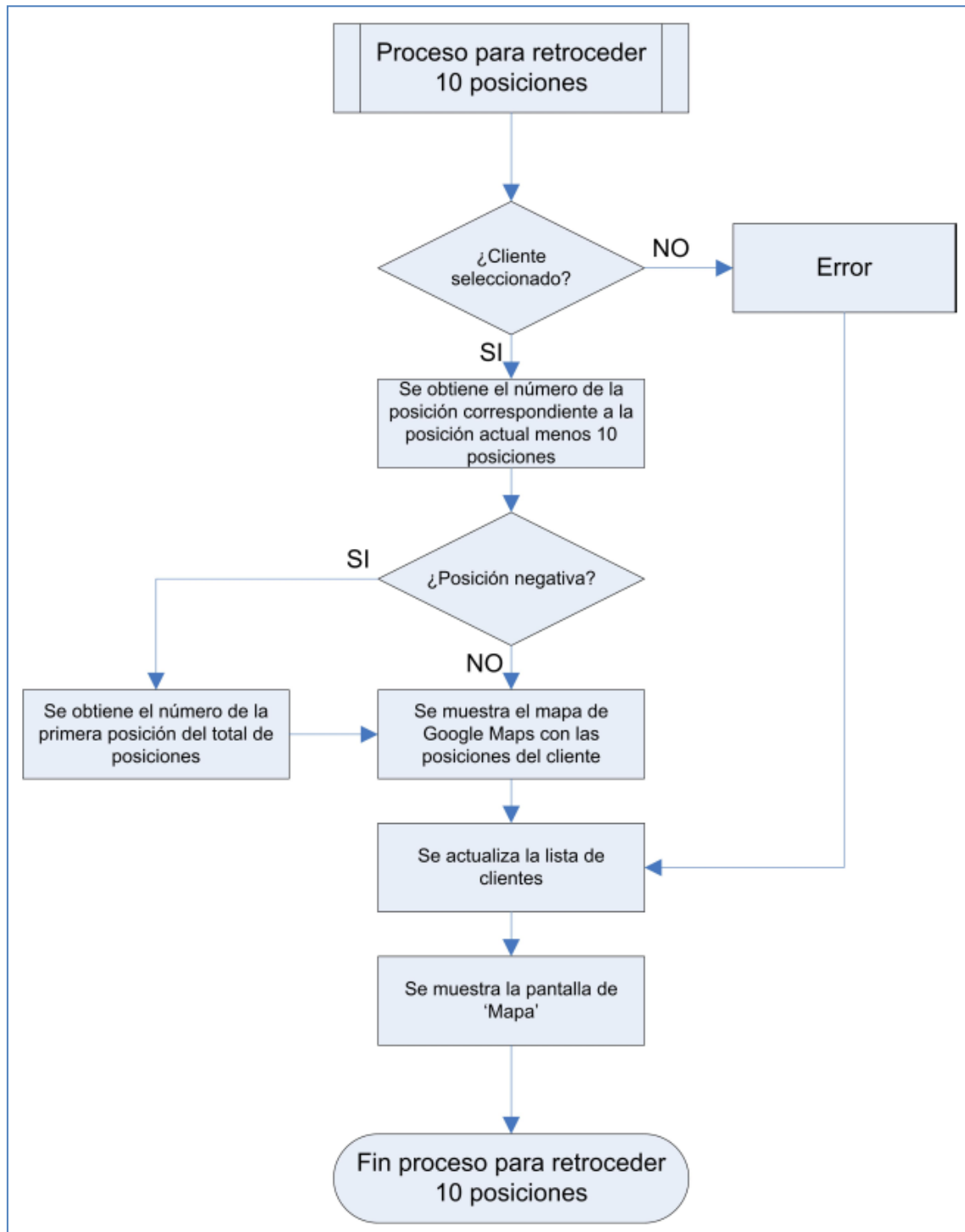


Fig. 25: proceso para retroceder 10 posiciones

#### 5.2.3.4. Retroceder una posición

Para que este proceso se produzca, el usuario debe pulsar el botón '<' de la pantalla de 'Mapa'. Antes se debe haber seleccionado un cliente de la lista 'Clientes'.

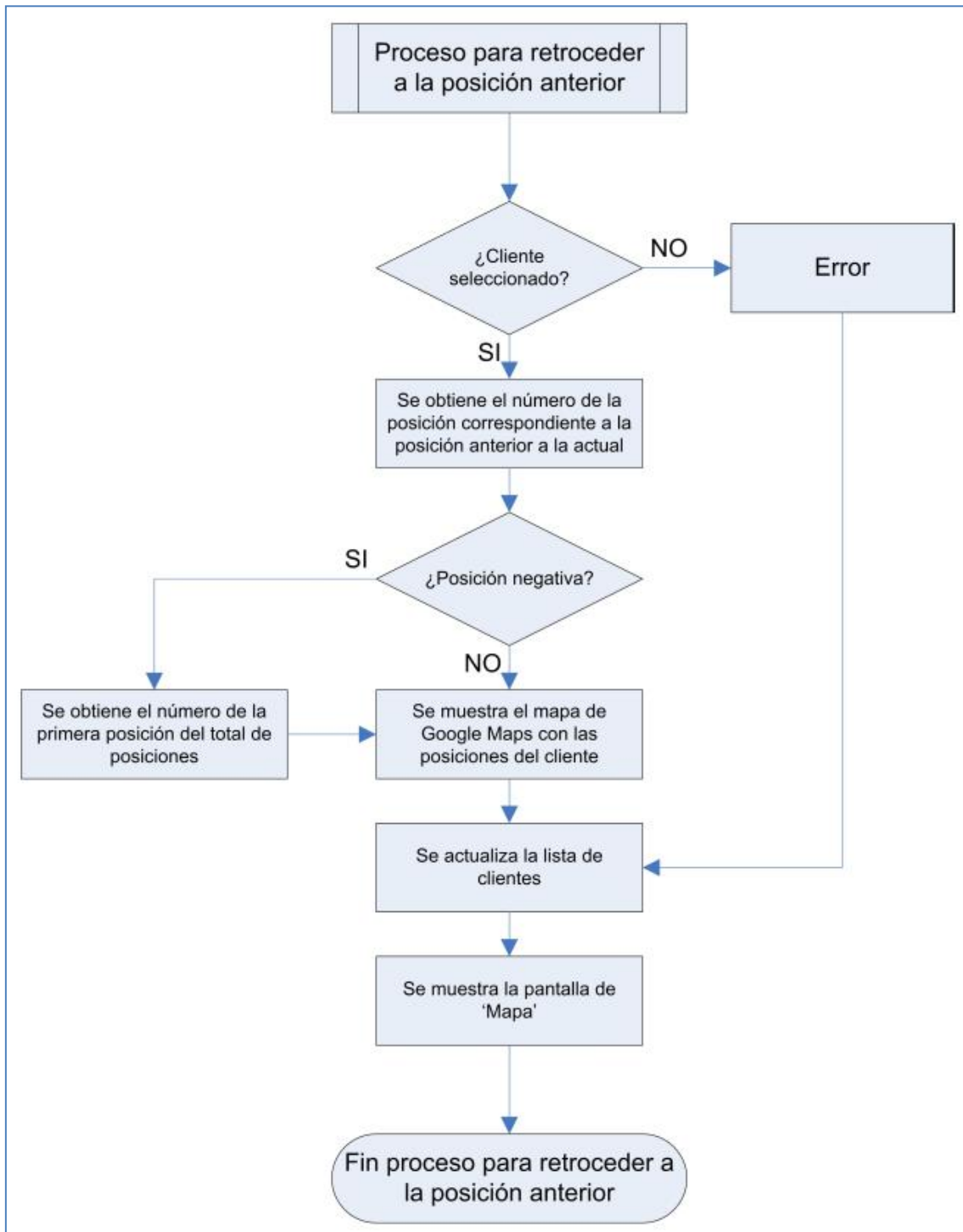


Fig. 26: proceso para retroceder a la posición anterior

### 5.2.3.5. Avanzar una posición

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón '>' de la pantalla de 'Mapa'. Debe haber un cliente seleccionado previamente de la lista 'Clientes'.

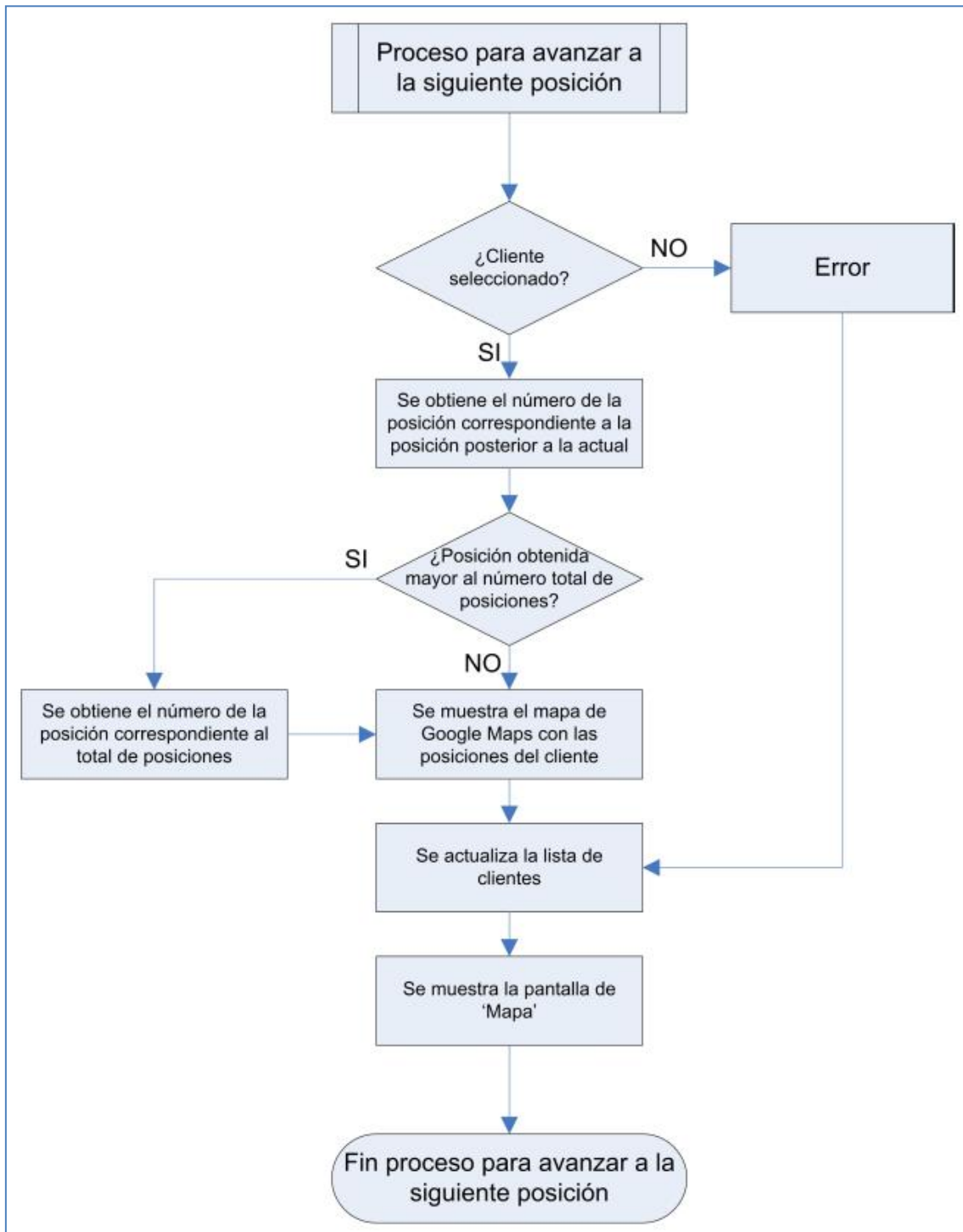


Fig. 27: proceso para avanzar a la siguiente posición

### 5.2.3.6. Avanzar 10 posiciones

Para que se origine este proceso es necesario que el usuario pulse en el botón '>>' de la pantalla de 'Mapa'. Debe haber un cliente seleccionado previamente de la lista 'Clientes'.

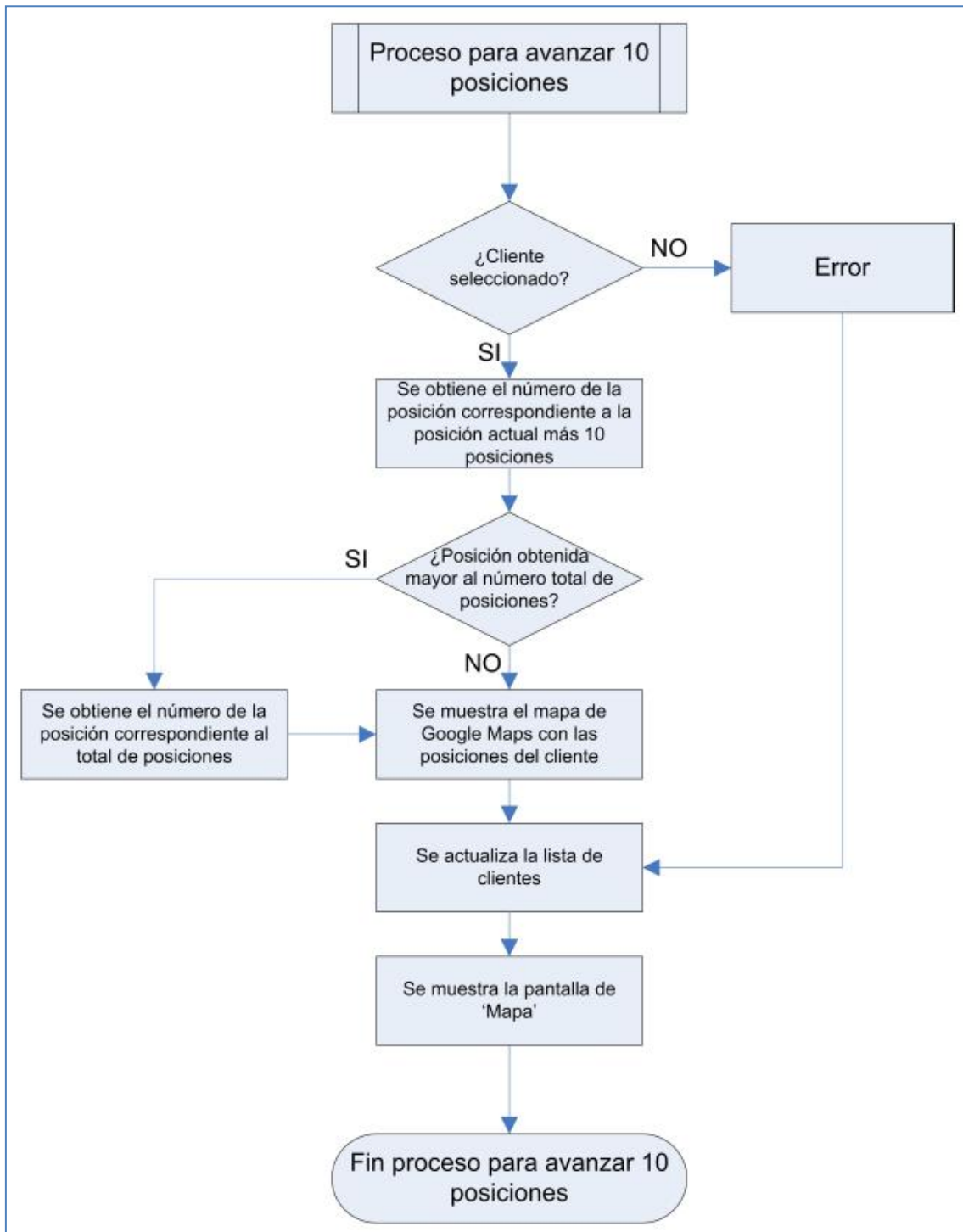


Fig. 28: proceso para avanzar 10 posiciones

### 5.2.3.7. Avanzar a la última posición

Este proceso se lleva a cabo al pulsar un usuario el botón '>>>' de la pantalla de 'Mapa'. Previamente se debe haber seleccionado un cliente de la lista 'Clientes'.

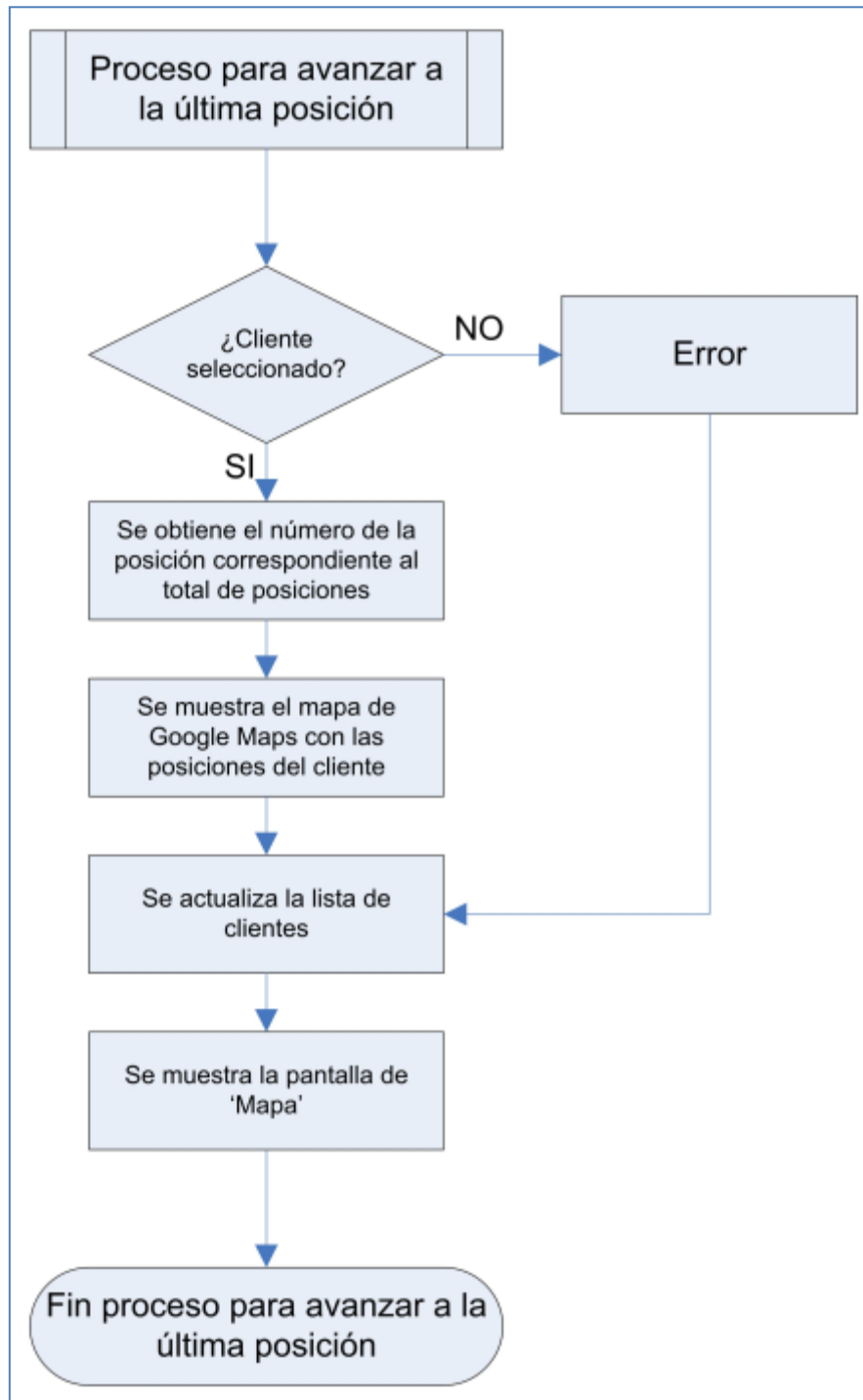


Fig. 29: proceso para avanzar a la última posición

### 5.2.3.8. Filtrar por fecha

En este caso, el proceso se produce al pulsar el usuario el botón 'Filtrar' de la pantalla de 'Mapa'. Debe haber un cliente seleccionado de la lista 'Clientes'.

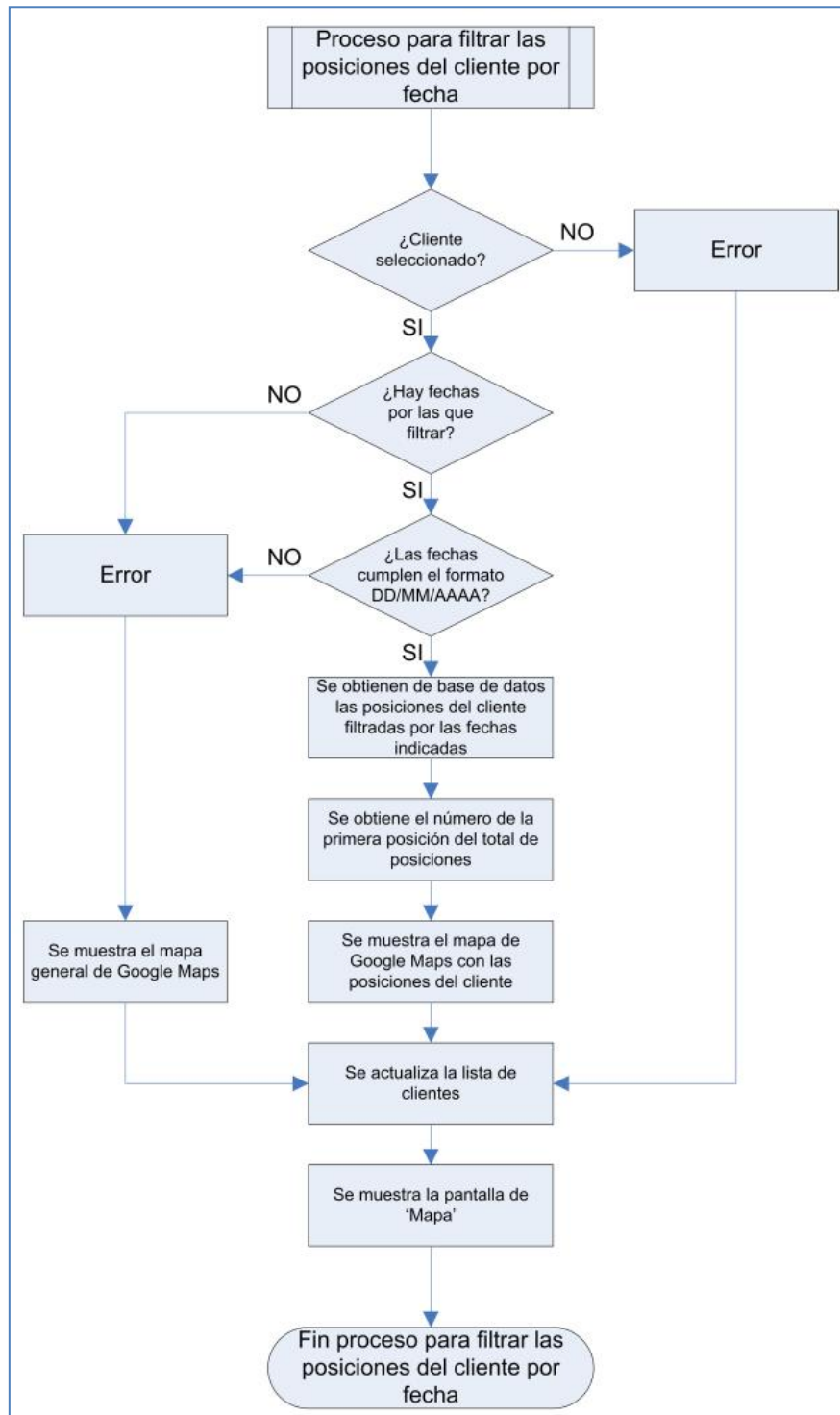


Fig. 30: proceso para filtrar las posiciones del cliente por fecha

#### 5.2.3.9. Filtrar por número de posiciones a mostrar

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón 'Mostrar' de la pantalla de 'Mapa'. Debe haber previamente seleccionado un cliente de la lista 'Clientes'.

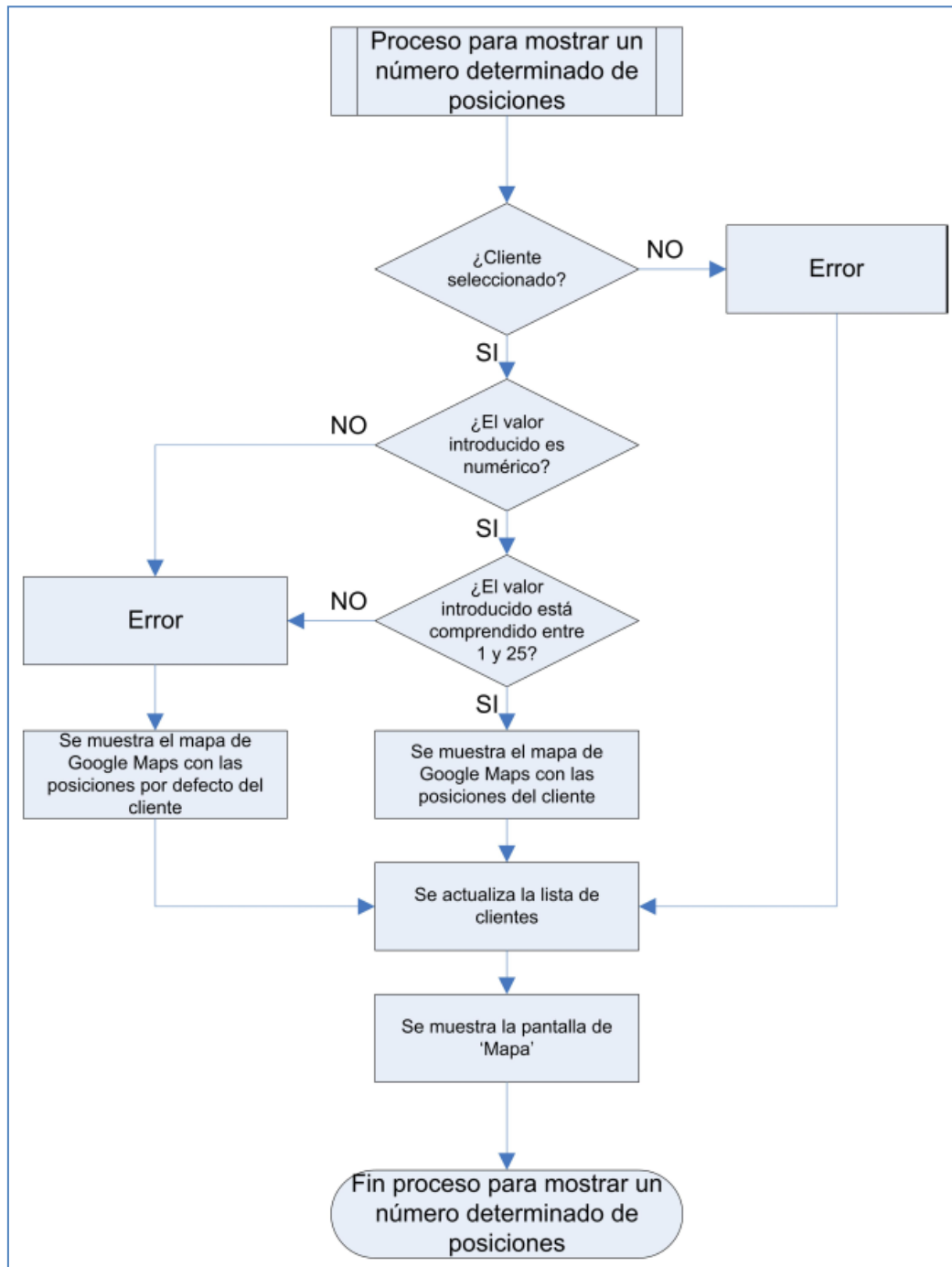


Fig. 31: proceso para mostrar un número determinado de posiciones

#### 5.2.4. Pantalla de configuración de clientes

En esta pantalla se llevan a cabo los procesos relacionados con la configuración de los clientes, es decir, dar de alta un nuevo cliente, modificar sus datos y borrarlo.

#### 5.2.4.1. Dar de alta un nuevo cliente

Este proceso se origina cuando un usuario pulsa el botón 'Alta' en la pantalla de 'Configuración de cliente'. Es necesario que estén rellenos todos los campos del panel 'Alta cliente'.

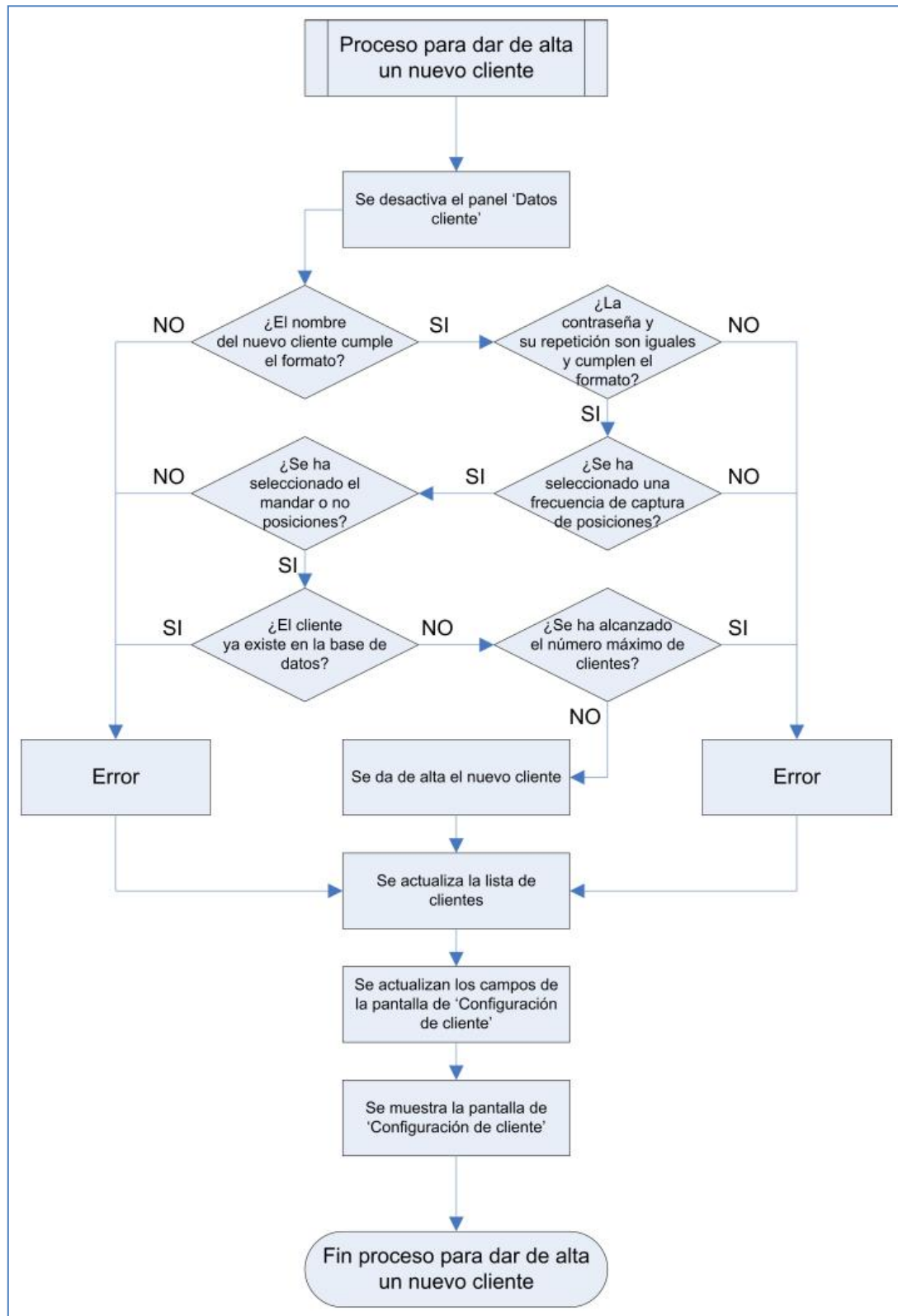


Fig. 32: proceso para dar de alta un nuevo cliente



#### 5.2.4.2. Ver datos del cliente

Este proceso se da cuando el usuario pulsa el botón 'Ver' de la pantalla de 'Configuración de cliente'. Debe haber un cliente de la lista 'Seleccionar cliente' previamente marcado.

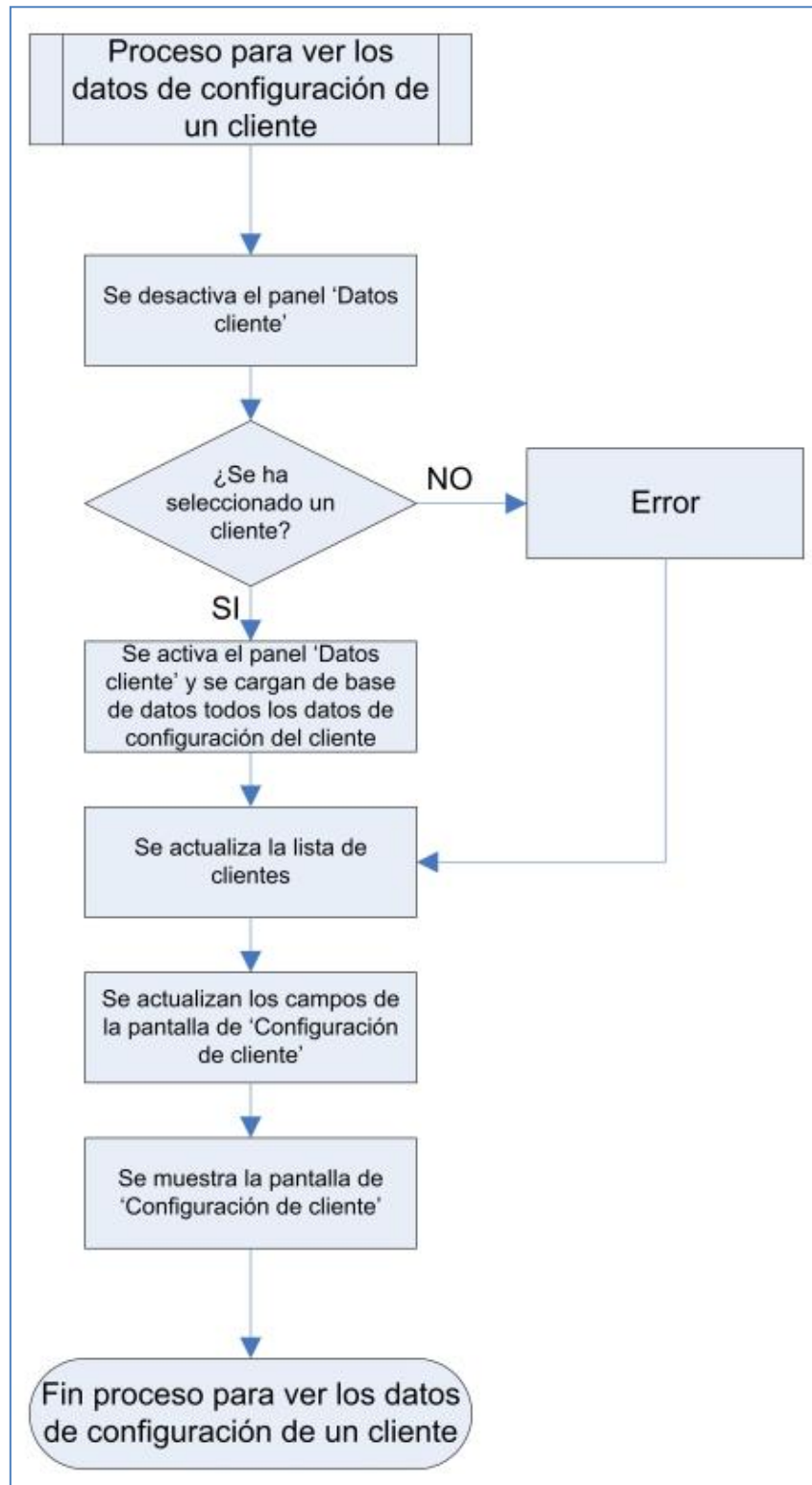


Fig. 33: proceso para ver los datos de configuración de un cliente

### 5.2.4.3. Modificar datos del cliente

Para que este proceso se ejecute, el usuario debe de haber seleccionado previamente un cliente y que el panel 'Datos cliente' esté activo. A continuación debe pulsar el botón 'Guardar cambios' de la pantalla de 'Configuración de cliente'.

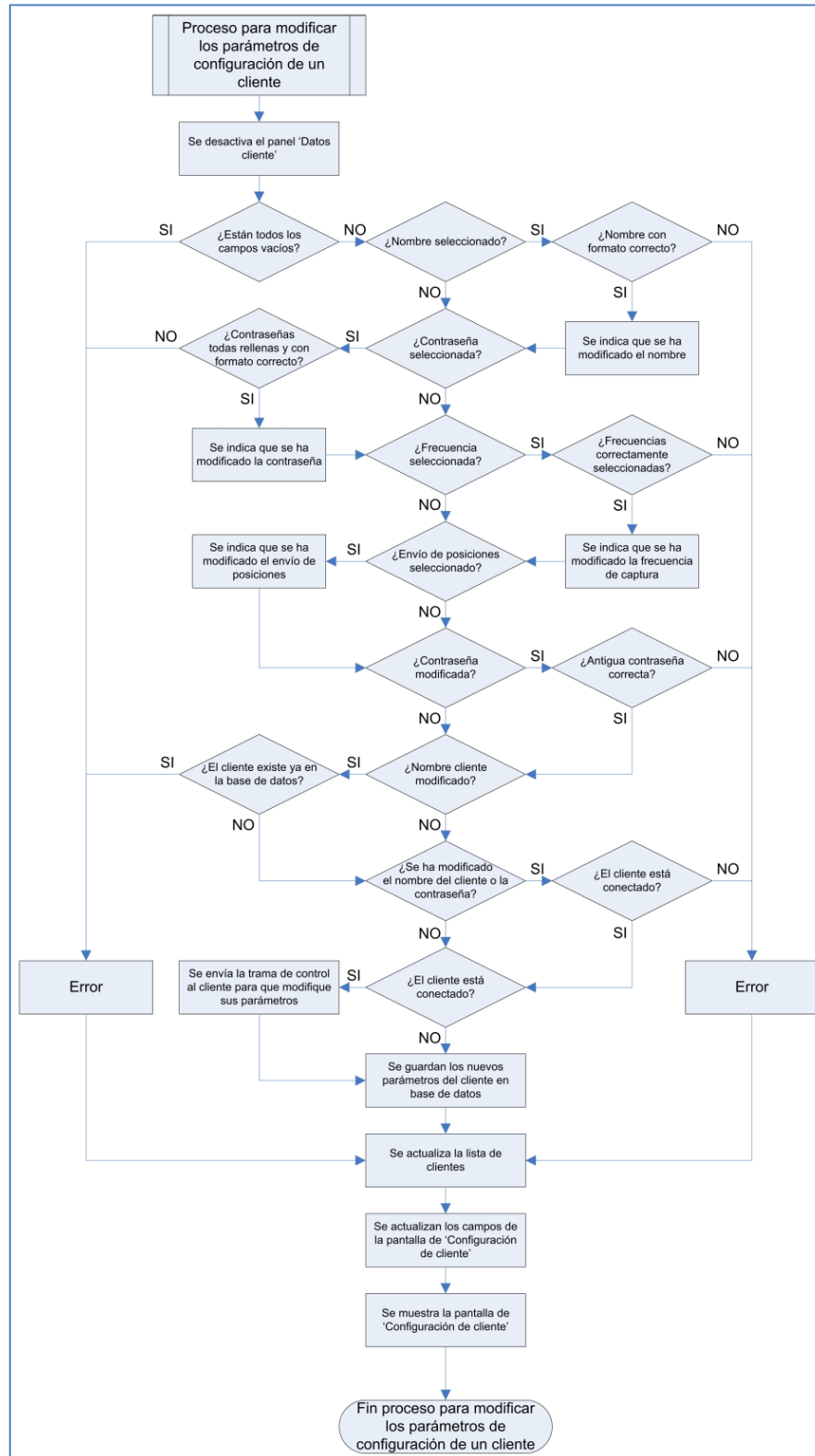


Fig. 34: proceso para modificar los parámetros de configuración de un cliente

#### 5.2.4.4. Borrar cliente

Este proceso se origina cuando el usuario pulsa el botón 'Borrar cliente' de la pantalla de 'Configuración de clientes'. Antes debe de haber seleccionado un cliente y que el panel 'Datos cliente' esté activo.

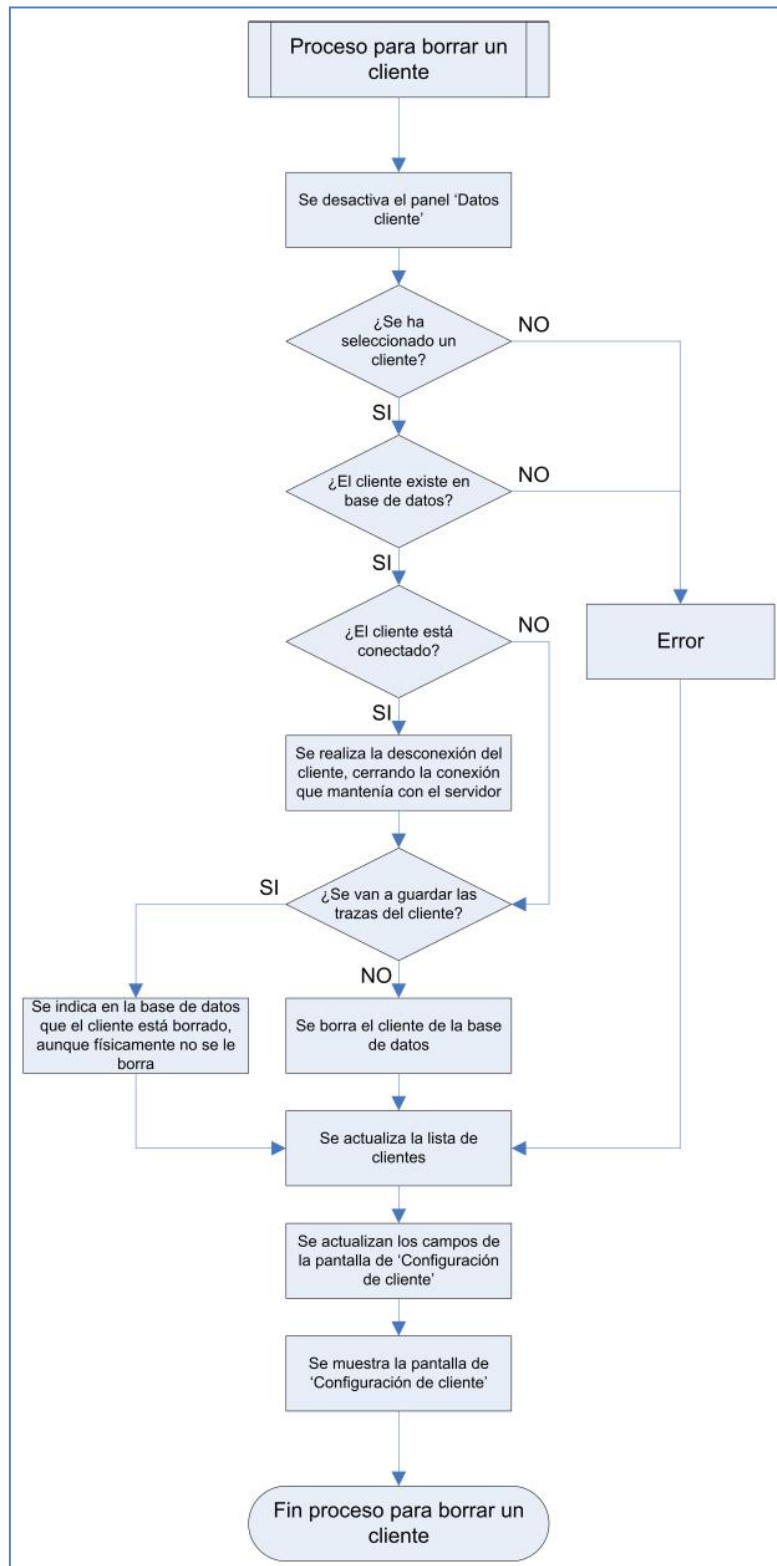


Fig. 35: proceso para borrar un cliente

### 5.2.5. Pantalla de cambio de contraseña

En esta pantalla se lleva a cabo el proceso para cambiar la contraseña de los usuarios de la aplicación.

#### 5.2.5.1. Cambiar contraseña

Este proceso se produce cuando el usuario pulsa el botón 'Cambiar' de la pantalla de 'Contraseña'. Previamente debe de haber rellenado todos los campos de la pantalla.

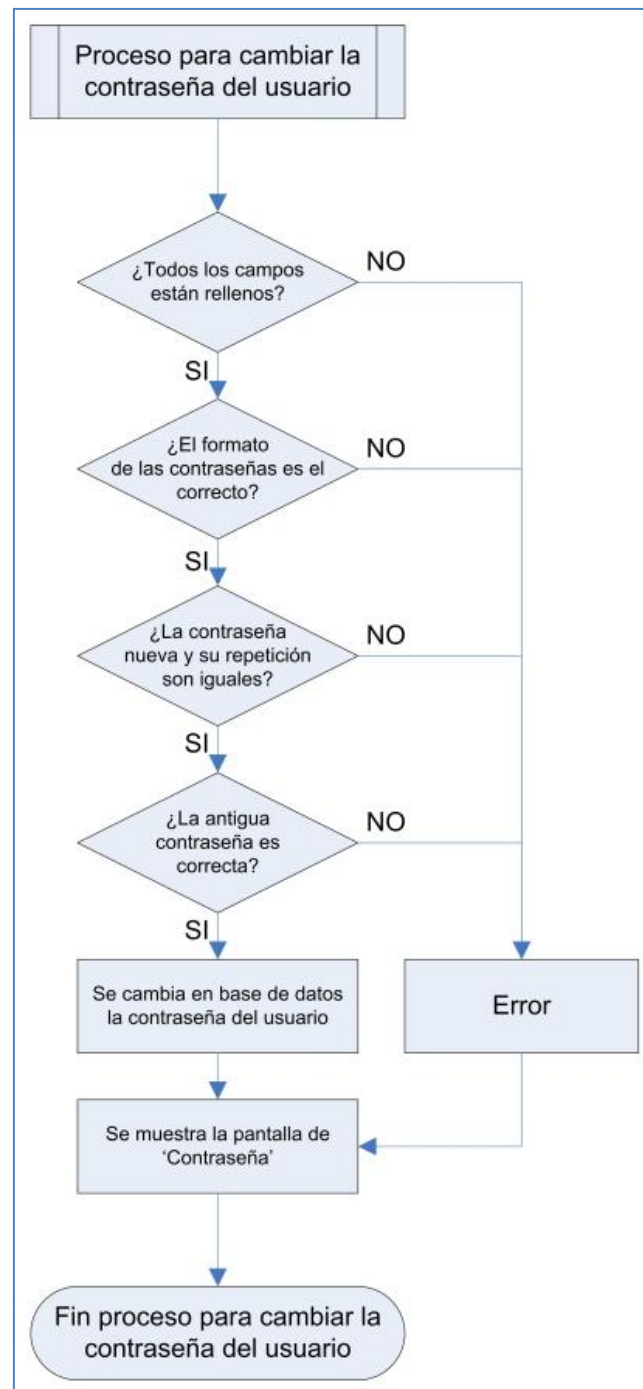


Fig. 36: proceso para cambiar la contraseña del usuario

### 5.2.6. Pantalla de configuración de usuarios

Aquí se realizan los procesos para configurar a los usuarios de la aplicación, es decir, crear nuevos usuarios, modificar los existentes y borrarlos.

#### 5.2.6.1. Dar de alta un nuevo usuario

Este proceso se origina al pulsar el usuario el botón 'Crear' de la pantalla de 'Usuarios'. Para que el proceso se lleve a cabo, debe de estar previamente el panel 'Crear usuario' activo, y todos los campos del mismo rellenos.

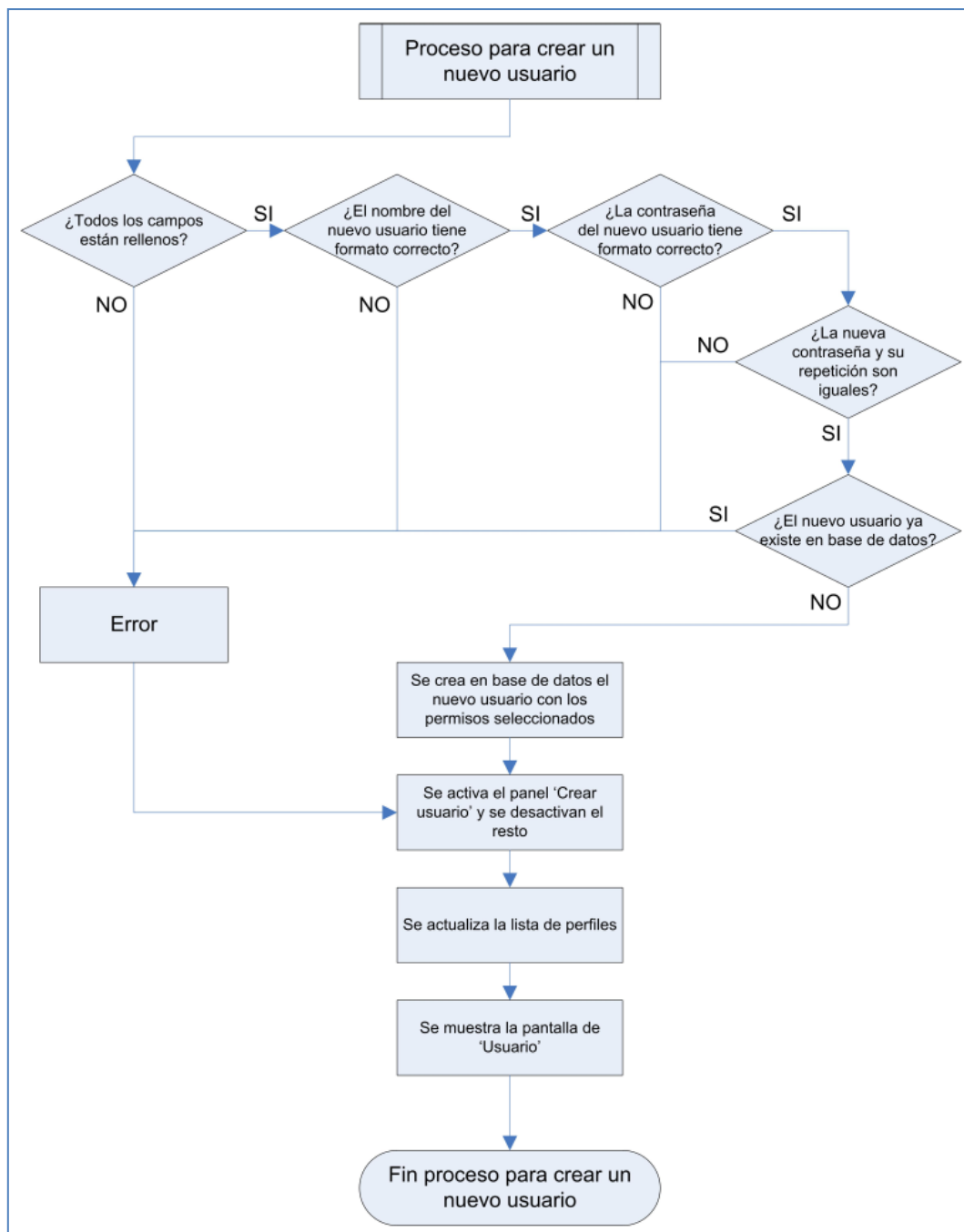


Fig. 37: proceso para crear un nuevo usuario

#### 5.2.6.2. Ver datos del usuario

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón 'Ver' de la pantalla de 'Usuarios'. Antes debe de estar activo el panel 'Modificar usuario' y algún usuario seleccionado en la lista 'Usuarios'.

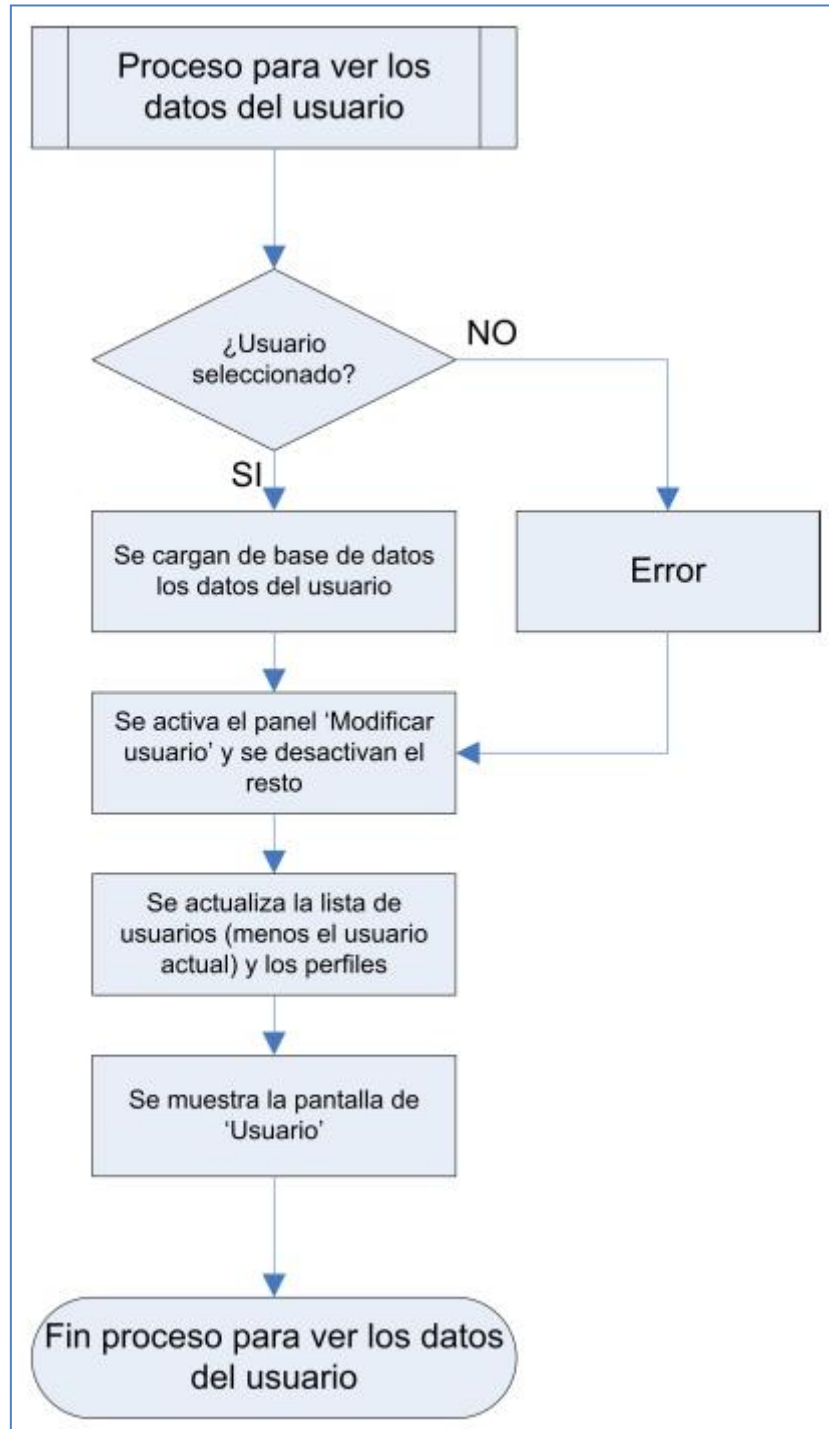


Fig. 38: proceso para ver los datos del usuario

### 5.2.6.3. Modificar datos del usuario

Este proceso se ejecuta cuando el usuario pulsa el botón 'Modificar' de la pantalla de 'Usuarios'. Es necesario que esté activado el panel 'Modificar usuario' y que un usuario de la lista 'Usuarios' esté seleccionado.

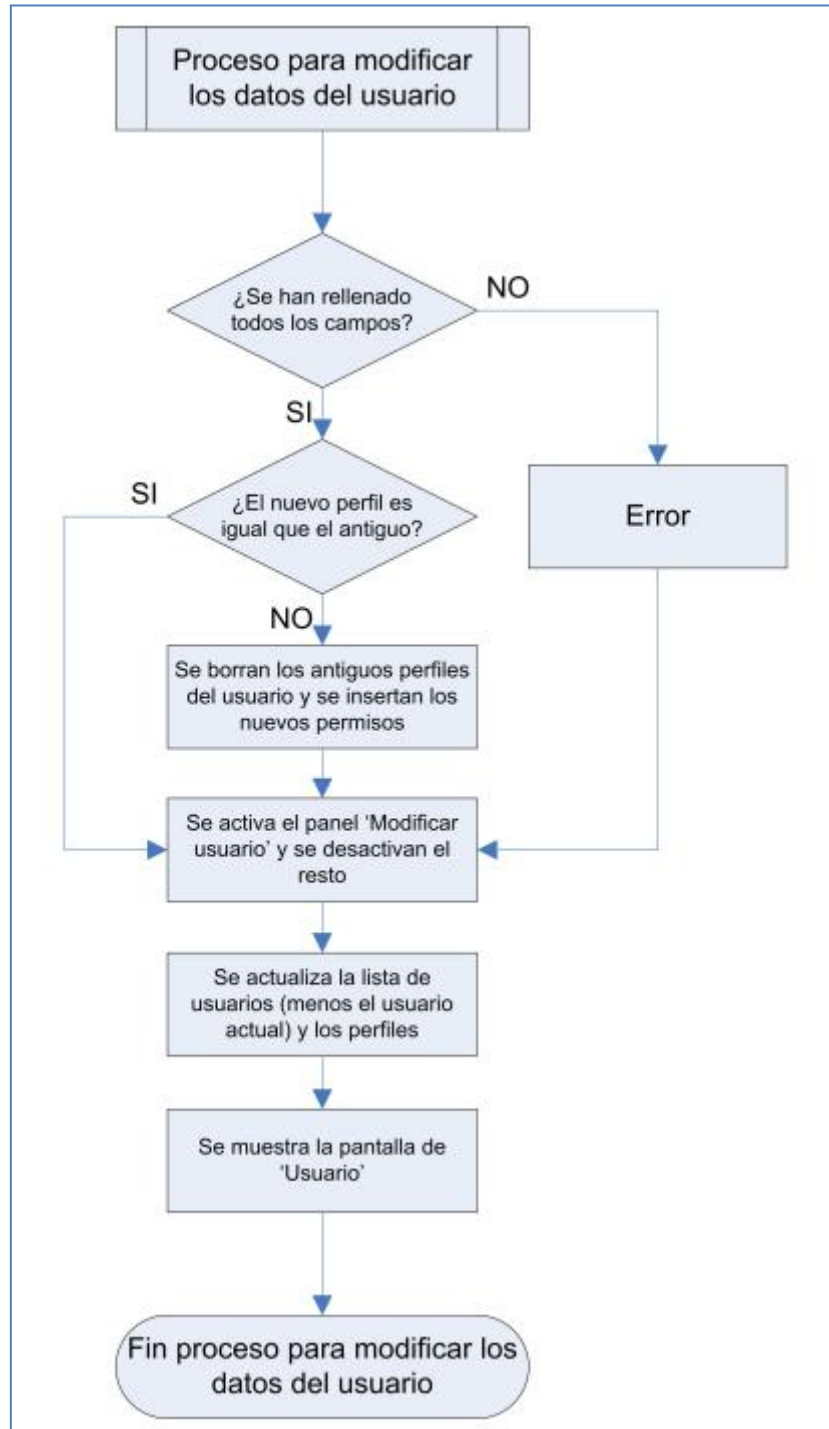


Fig. 39: proceso para modificar los datos del usuario

#### 5.2.6.4. Borrar usuario

Para que este proceso se lleve a cabo el usuario debe pulsar el botón 'Borrar' de la pantalla de 'Usuarios'. Previamente debe de estar activo el panel 'Borrar usuario' y un usuario de la lista 'Usuarios' seleccionado.

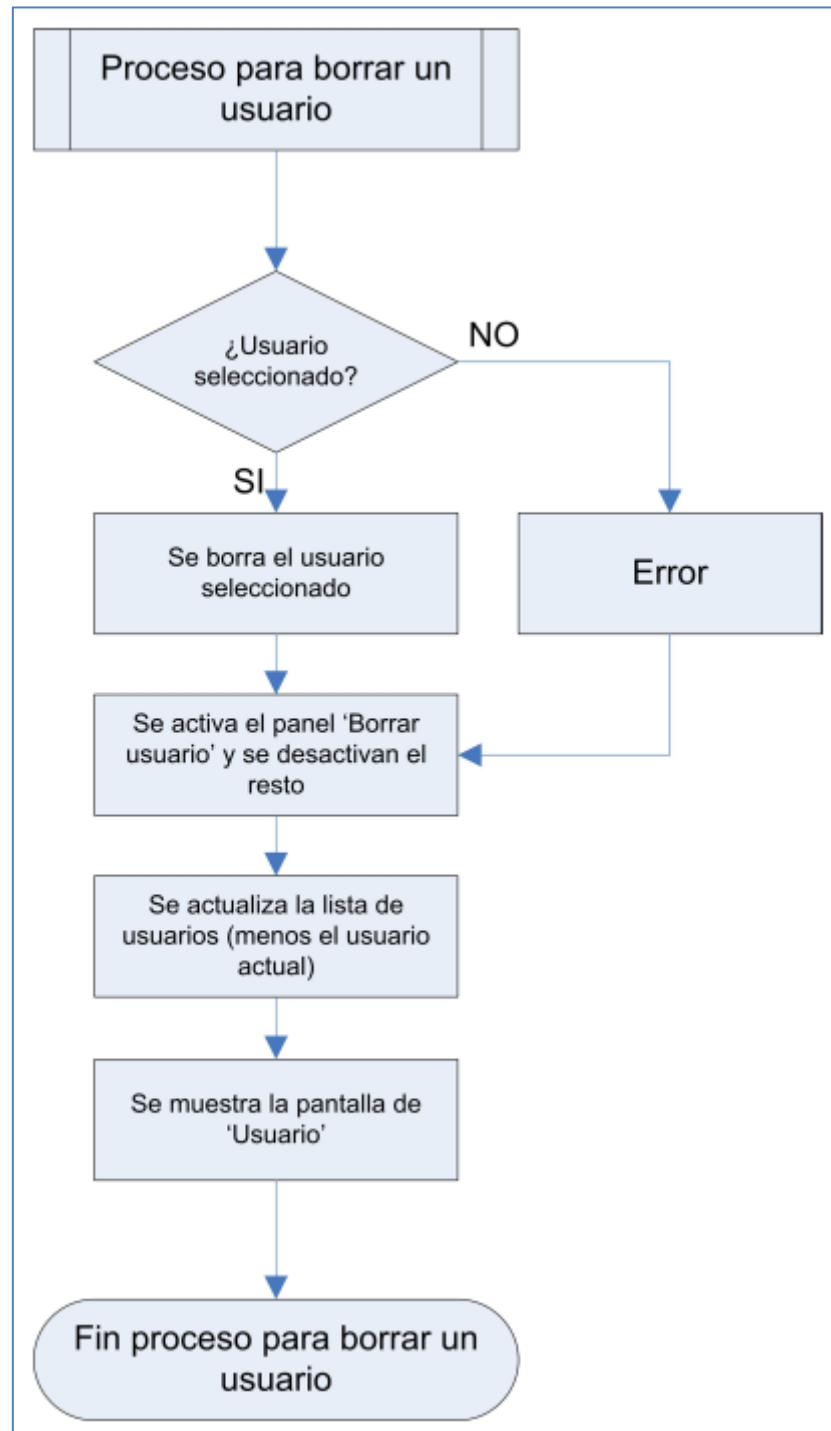


Fig. 40: proceso para borrar un usuario



### 5.2.7. Pantalla de trazas

En esta pantalla se llevan a cabo aquellos procesos relacionados con los clientes que se han borrado pero no se han eliminado de la base de datos, es decir, ver las trazas de un cliente previamente borrado, borrar sus trazas, borrar definitivamente dicho cliente, o restaurarlo de nuevo.

#### 5.2.7.1. Ver trazas de un cliente borrado

Este proceso se origina cuando el usuario pulsa el botón 'Seleccionar' de la pantalla de 'Trazas'. Es necesario que antes se haya seleccionado un cliente de la lista 'Clientes borrados'.

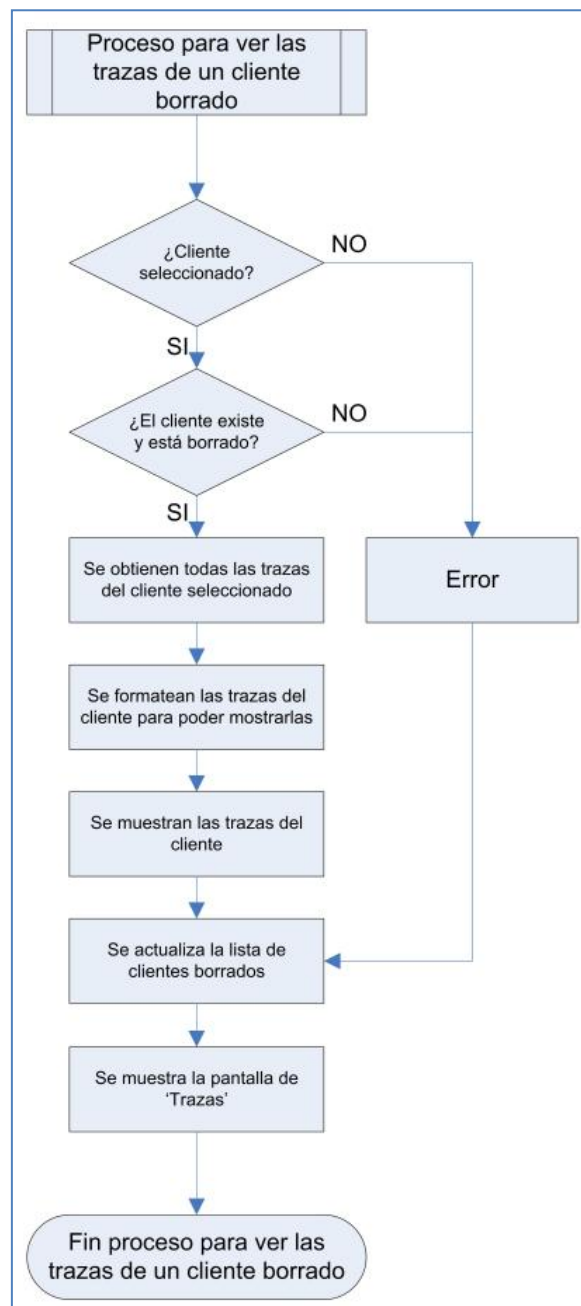


Fig. 41: proceso para ver las trazas de un cliente borrado

#### 5.2.7.2. Borrar trazas seleccionadas

Para que este proceso se lleve a cabo, el usuario debe pulsar el botón 'Borrar trazas' de la pantalla de 'Trazas'. Previamente, se debe haber seleccionado alguna traza de la lista 'Trazas del cliente'.

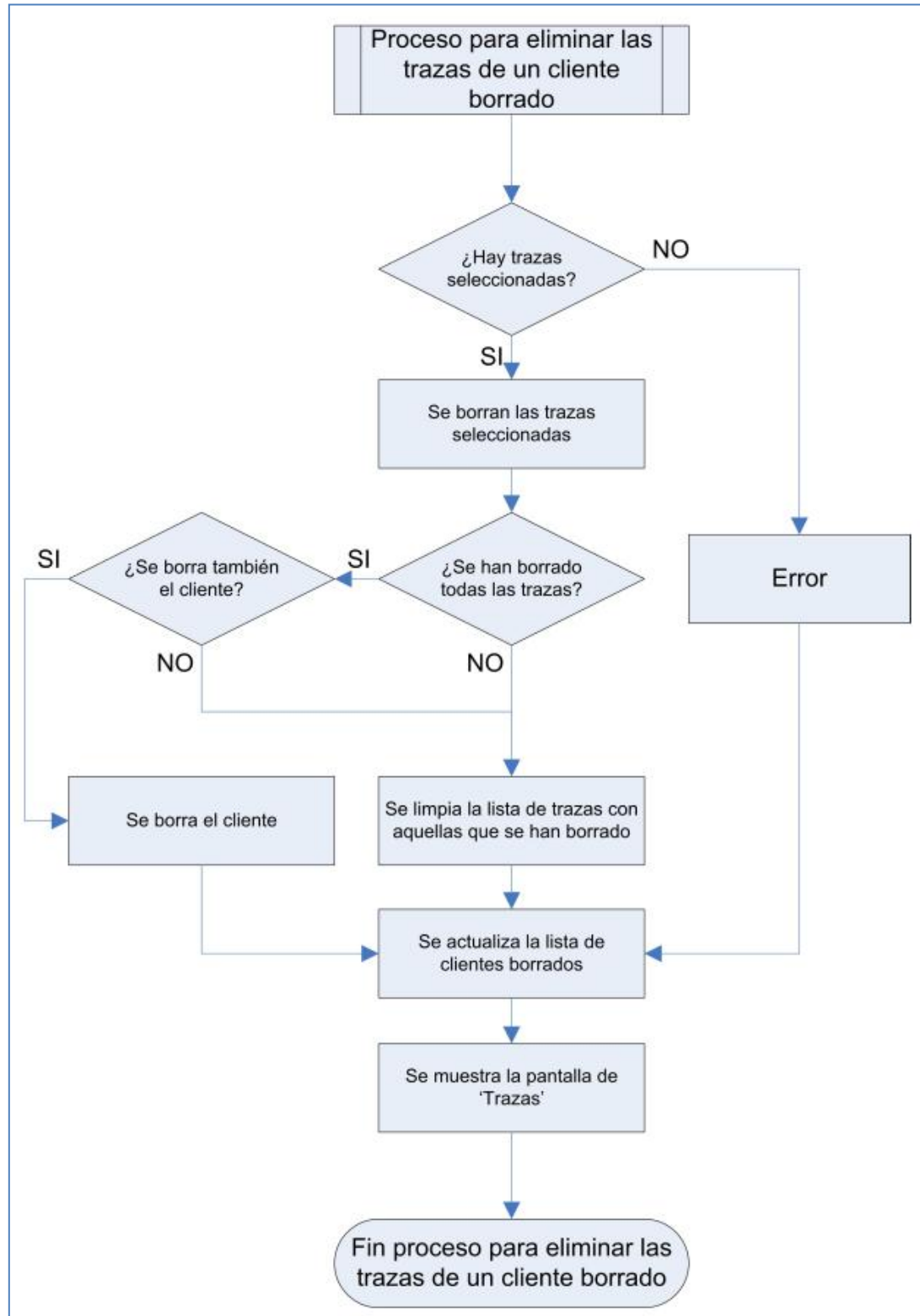


Fig. 42: proceso para eliminar las trazas de un cliente borrado

### 5.2.7.3. Borrar definitivamente un cliente y sus trazas

Este proceso se da cuando el usuario pulsa el botón 'Borrar cliente' de la pantalla de 'Trazas'. Debe de haber antes un cliente seleccionado de la lista 'Clientes borrados'.

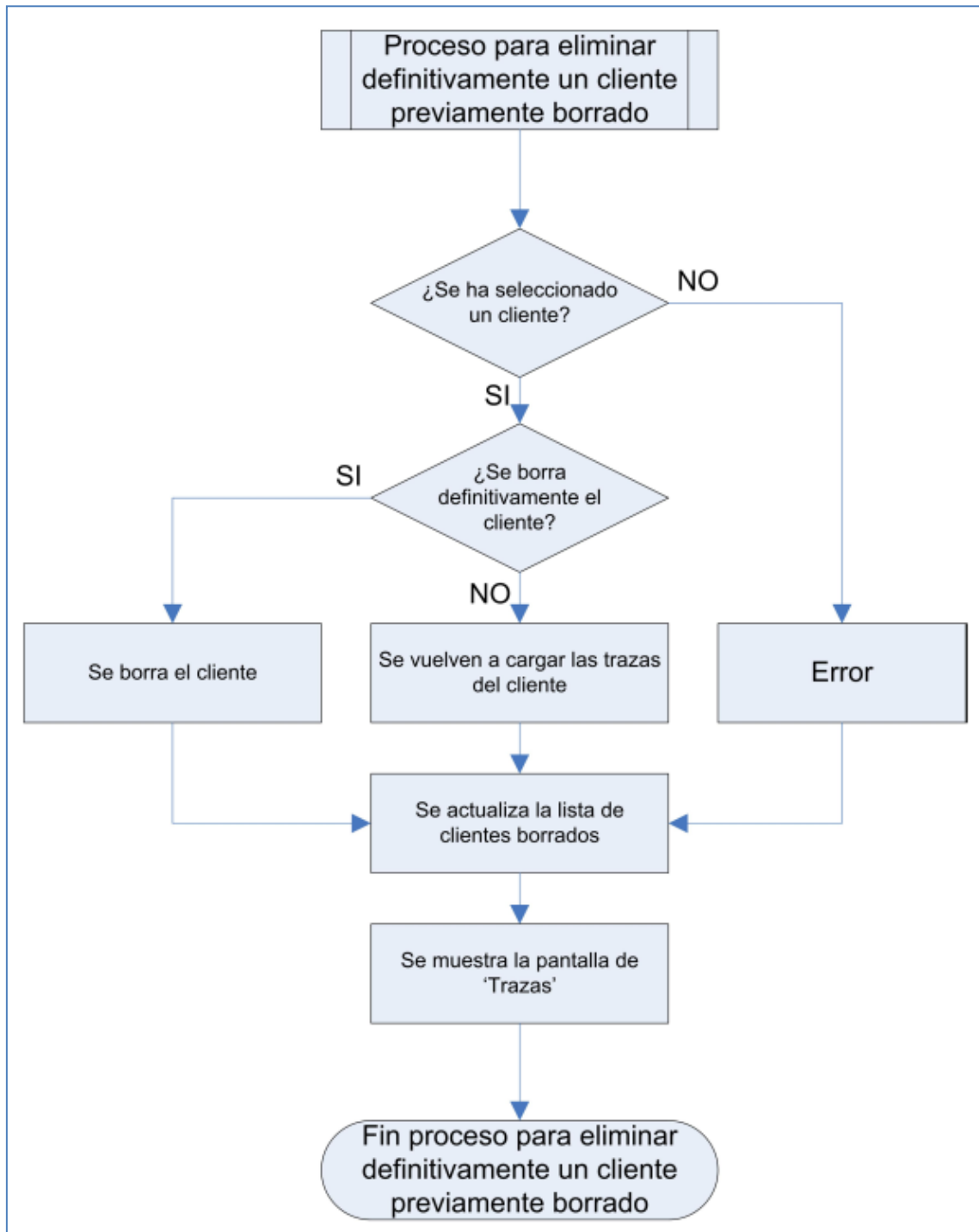


Fig. 43: proceso para eliminar definitivamente un cliente previamente borrado

#### 5.2.7.4. Restaurar un cliente previamente borrado

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el botón 'Restaurar' de la pantalla de 'Trazas'. Previamente a esto, se debe haber seleccionado un usuario de la lista 'Clientes borrados'.

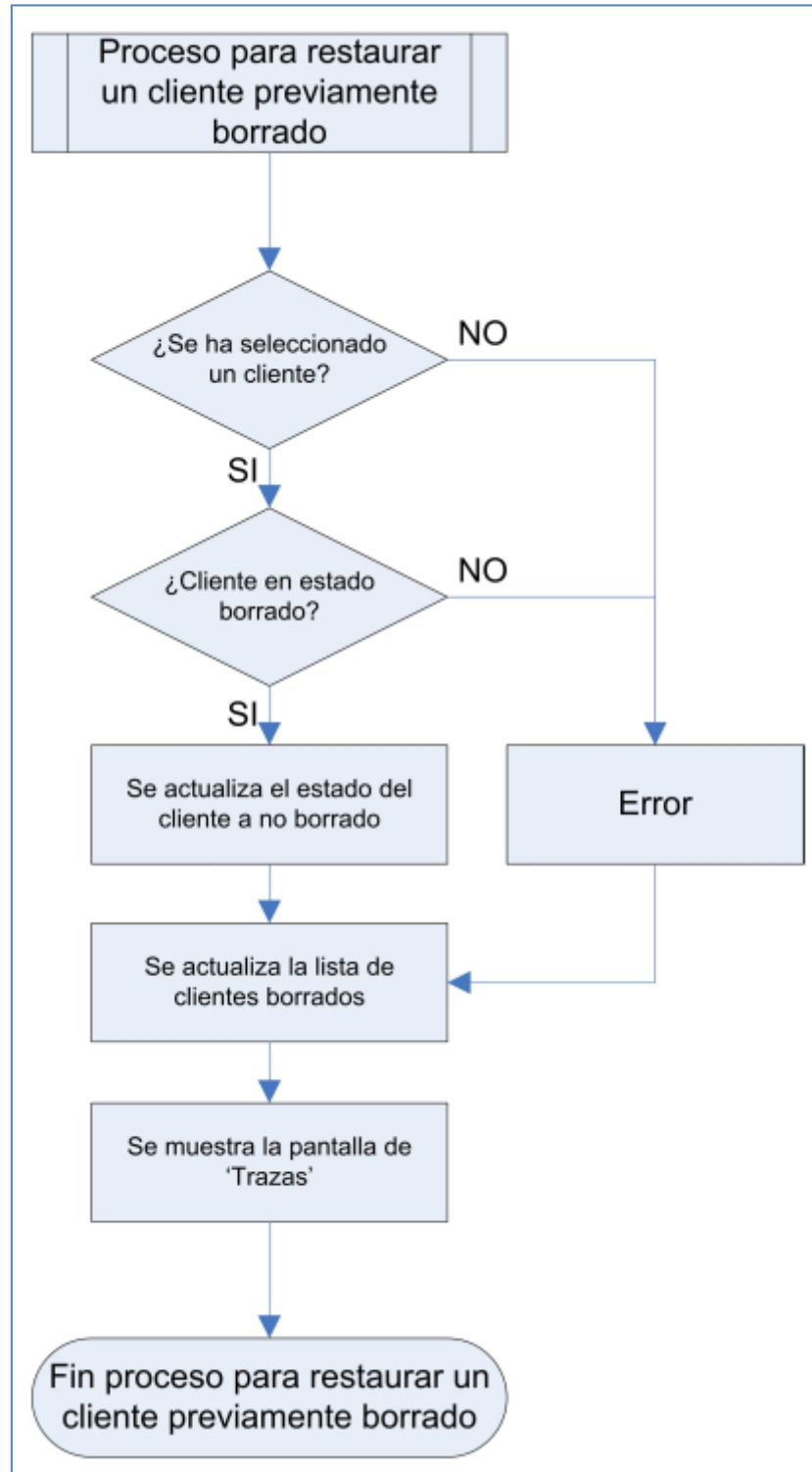


Fig. 44: proceso para restaurar un cliente previamente borrado

### 5.2.8. Menú

En el menú se llevan a cabo todos aquellos procesos relacionados con el acceso a las diferentes pantallas de la aplicación, activando o desactivando los paneles de cada una de ellas. Además, también desde el menú se originan los procesos para obtener información de la aplicación, guardar el log de la misma, así como para desconectarse.

#### 5.2.8.1. Guardar log

Este proceso se produce al pulsar el usuario el submenú 'Guardar log...' del menú 'Archivo'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación para que este submenú esté activo.

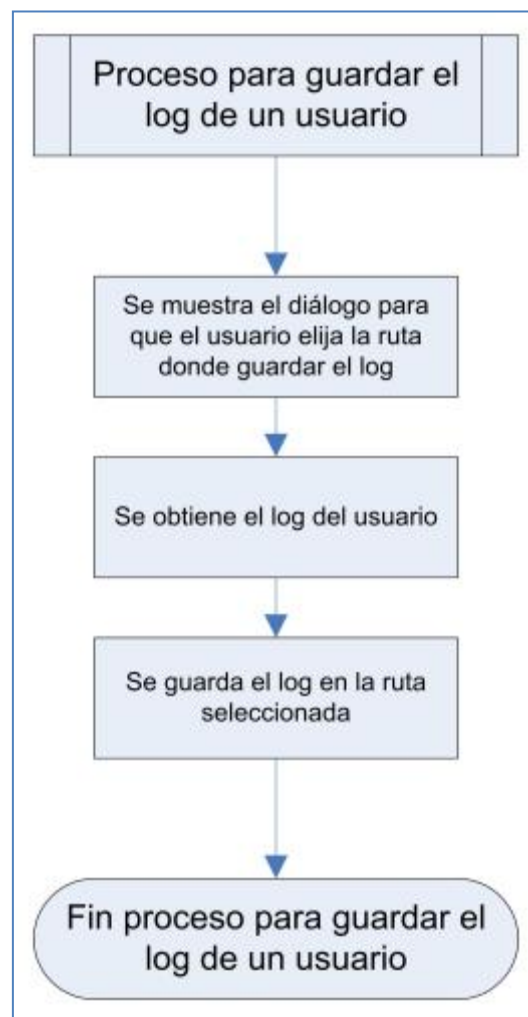


Fig. 45: proceso para guardar el log de un usuario

#### 5.2.8.2. Salir

Para que este proceso se lleve a cabo, el usuario debe pulsar en el submenú 'Salir' del menú 'Archivo'.

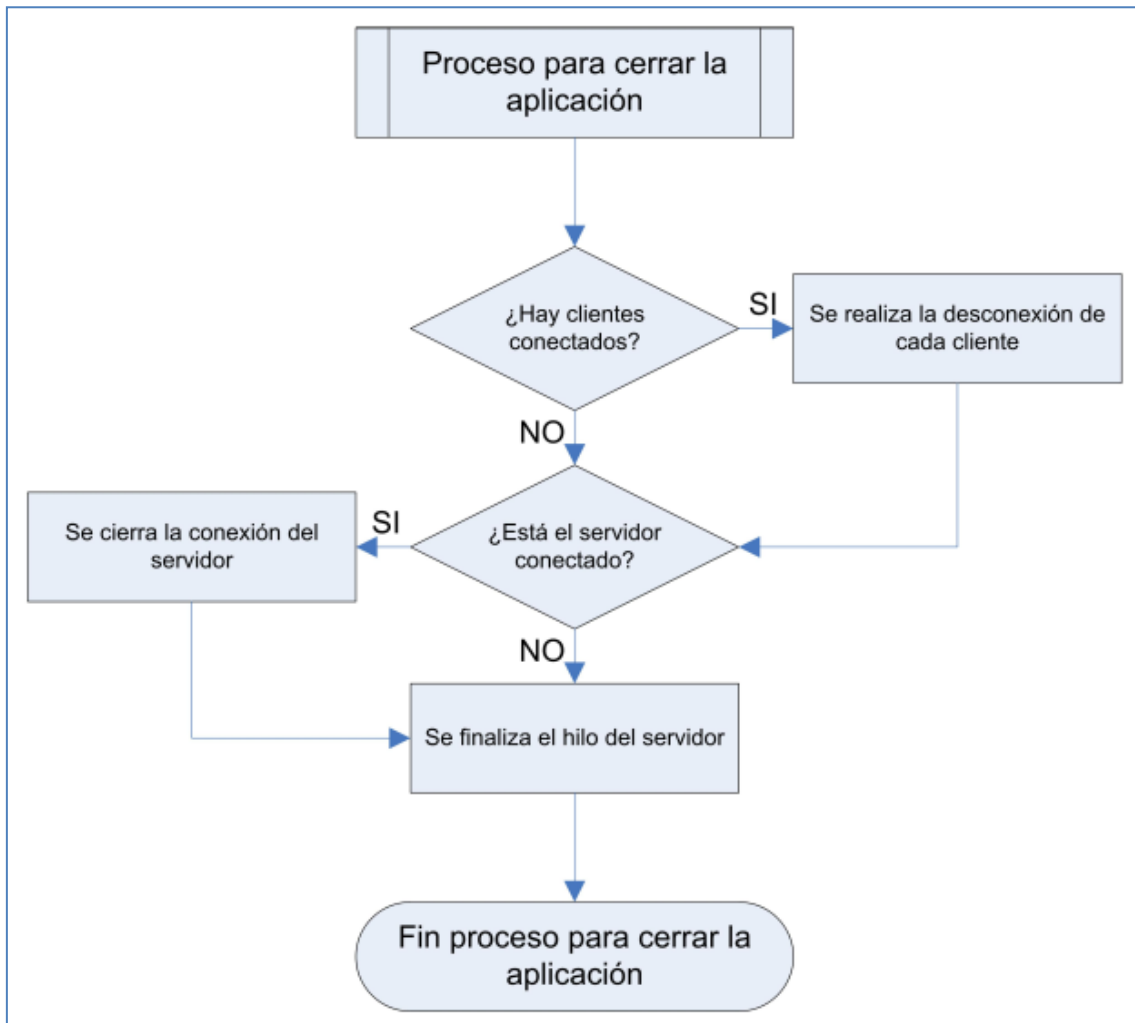


Fig. 46: proceso para cerrar la aplicación

### 5.2.8.3. Cambiar contraseña

Este proceso se origina cuando el usuario pulsa el submenú 'Cambiar contraseña' del menú 'Usuario'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación para que este submenú esté activo.

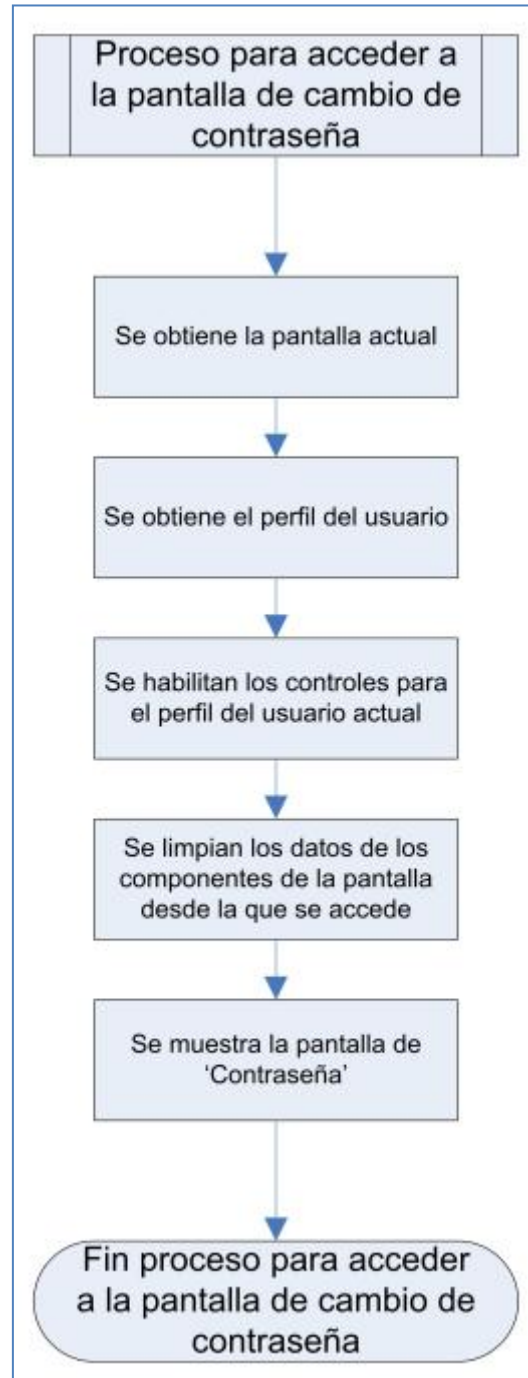


Fig. 47: proceso para acceder a la pantalla de cambio de contraseña

#### 5.2.8.4. Crear usuario

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa en el submenú 'Crear usuario' del menú 'Usuario'. Sólo si el usuario se ha autenticado con perfil administrador estará activo este submenú.

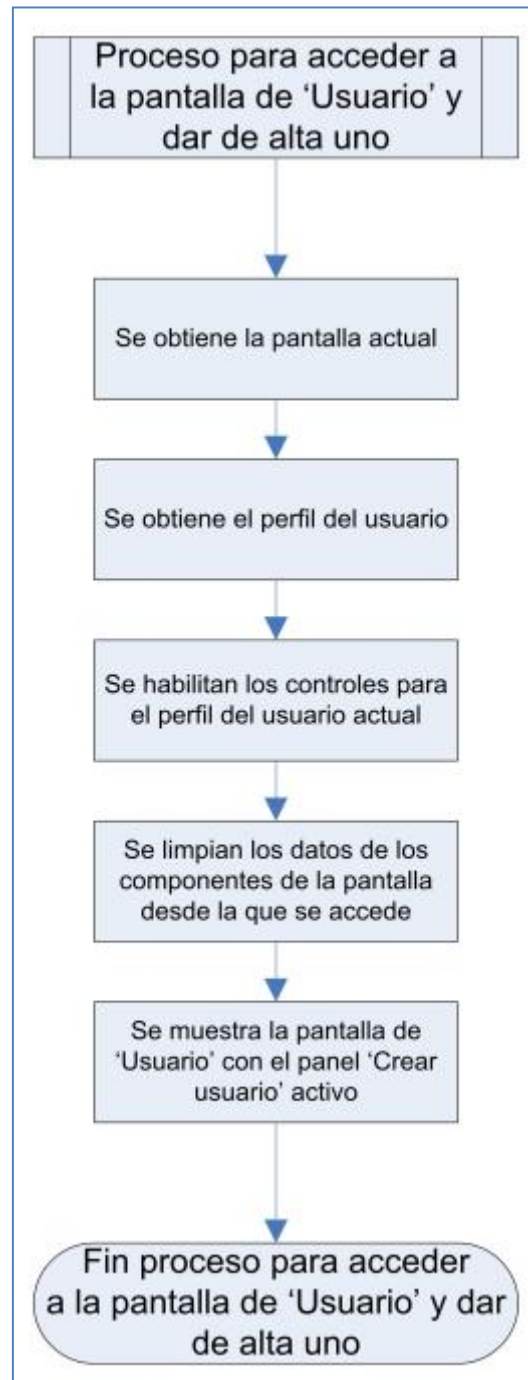


Fig. 48: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y dar de alta uno



#### 5.2.8.5. Modificar usuario

Este proceso se origina cuando el usuario pulsa el submenú 'Modificar usuario' del menú 'Usuario'. Sólo si el usuario se ha autenticado con perfil administrador estará activo este submenú.

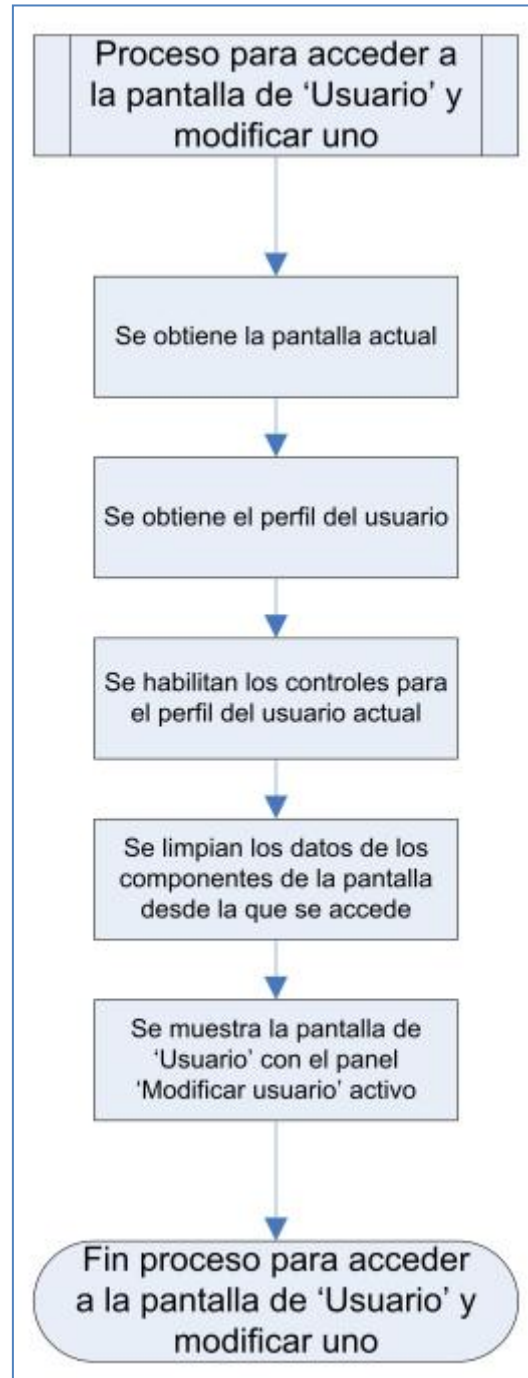


Fig. 49: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y modificar uno

#### 5.2.8.6. Borrar usuario

Para que este proceso se ejecute, el usuario debe pulsar el submenú 'Borrar usuario' del menú 'Usuario'. Sólo si el usuario se ha autenticado con perfil administrador estará activo este submenú.

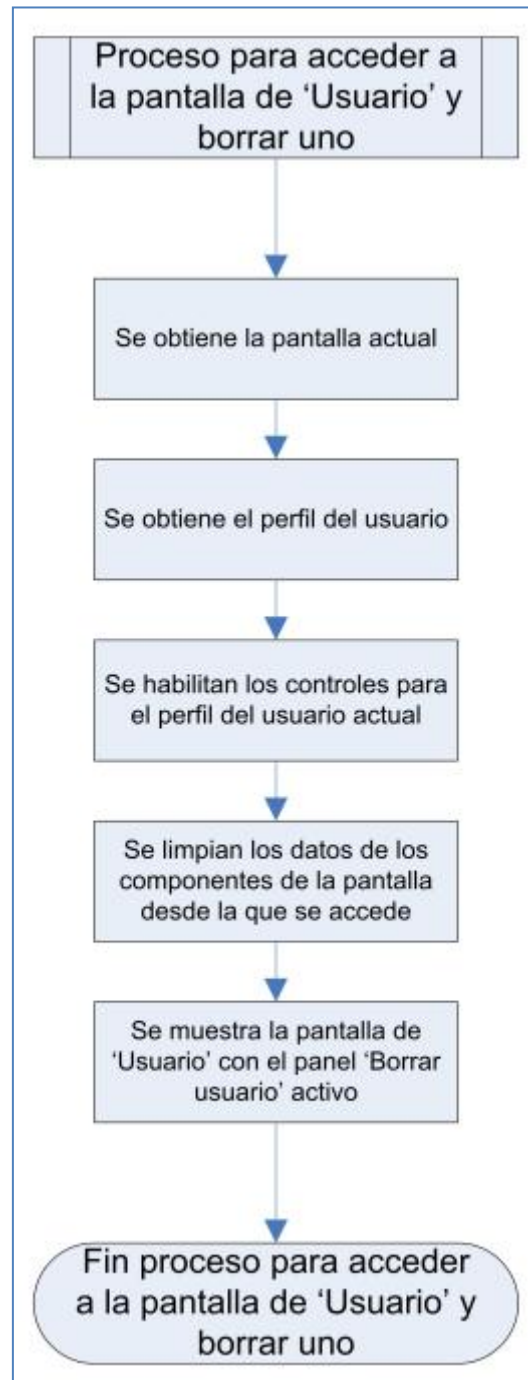


Fig. 50: proceso para acceder a la pantalla de 'Usuario' y borrar uno

#### 5.2.8.7. Desconectar usuario

Este proceso se produce cuando el usuario pulsa el submenú 'Desconectar usuario' del menú 'Usuario'. Es preciso que el usuario se haya autenticado en la aplicación para que le submenú esté activo.

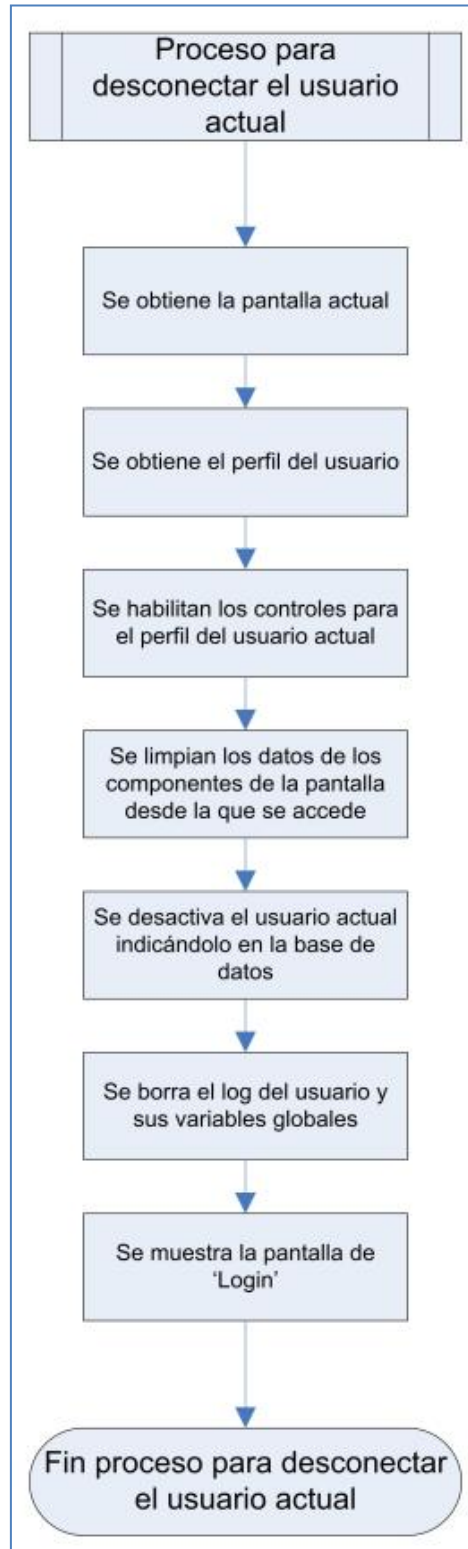


Fig. 51: proceso para desconectar el usuario actual

#### 5.2.8.8. Ver pantalla de conexión

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el submenú 'Ver' del menú 'Conexión'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación para que este menú se encuentre activo.

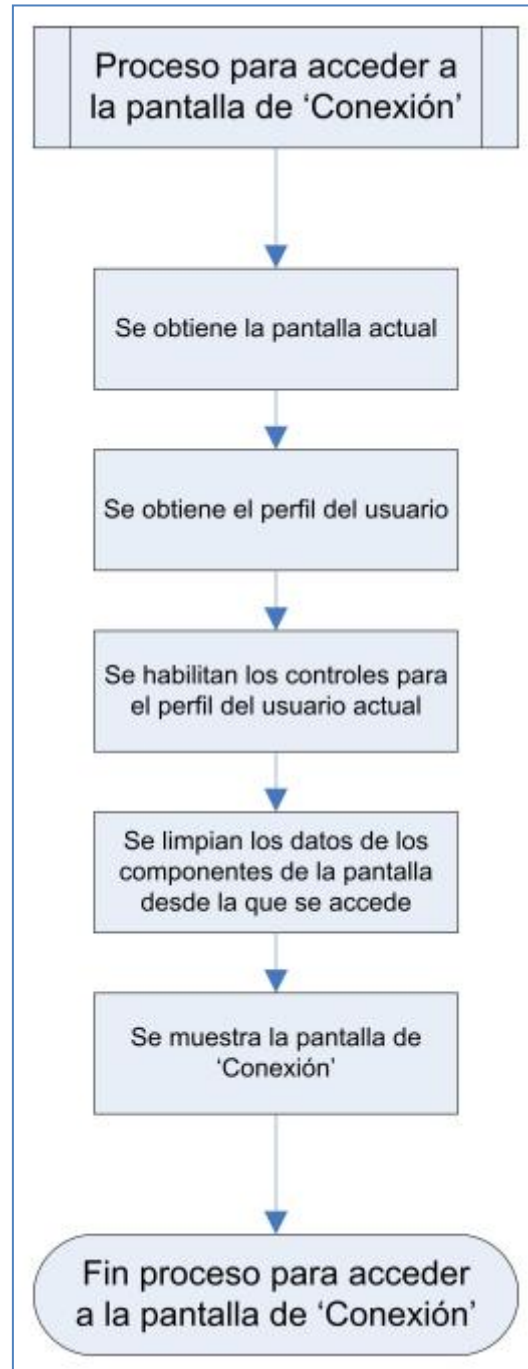


Fig. 52: proceso para acceder a la pantalla de 'Conexión'

#### 5.2.8.9. Configurar cliente

Este proceso se origina al pulsar el usuario en el submenú 'Configurar cliente' del menú 'Conexión'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación con perfil de 'Gestor' o 'Administrador' para que este menú esté activo.

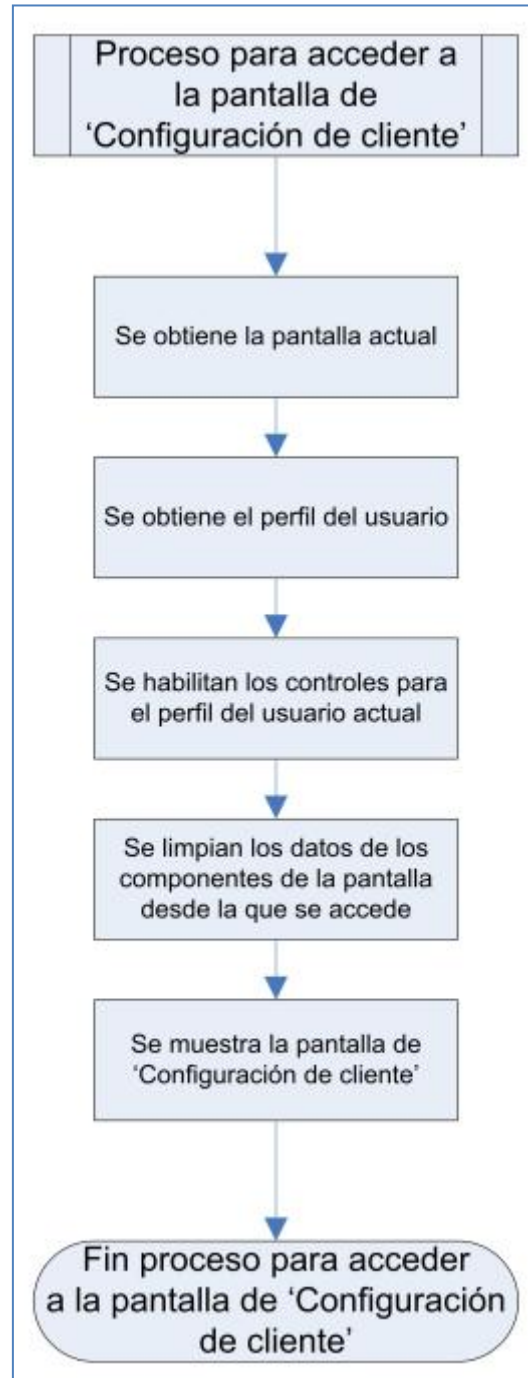


Fig. 53: proceso para acceder a la pantalla de 'Configuración de cliente'

#### 5.2.8.10. Ver trazas de clientes borrados

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el submenú 'Ver trazas borradas' del menú 'Conexión'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación con perfil de 'Gestor' o 'Administrador' para que este menú esté activo.

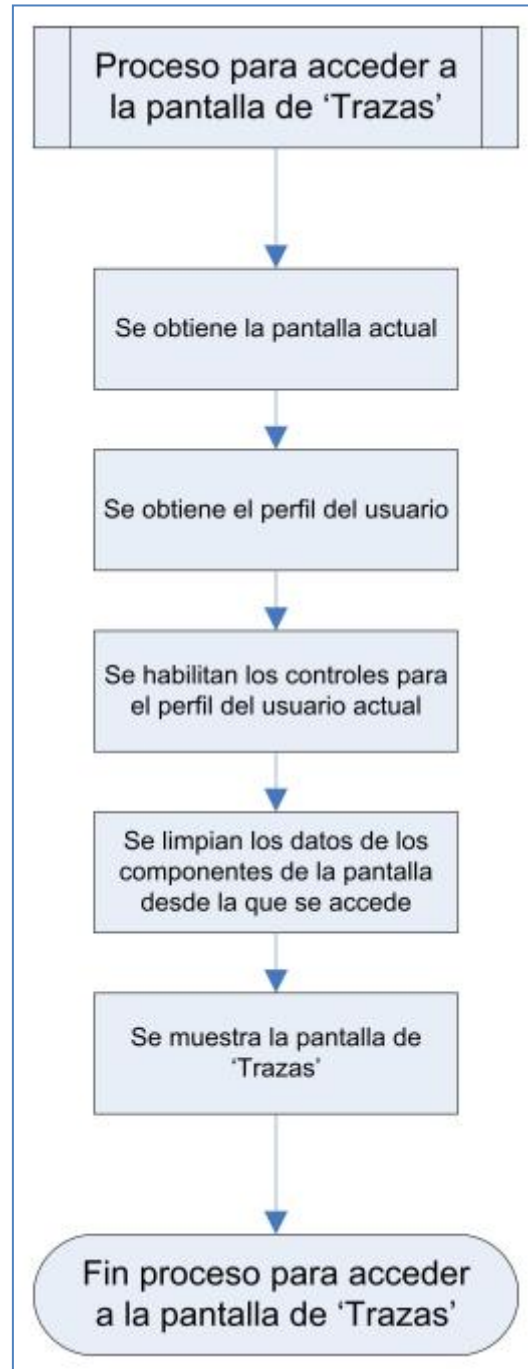


Fig. 54: proceso para acceder a la pantalla de 'Trazas'

#### 5.2.8.11. Ver mapa

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el submenú 'Ver' del menú 'Mapa'. Es necesario que el usuario se haya autenticado en la aplicación para que este menú se encuentre activo.

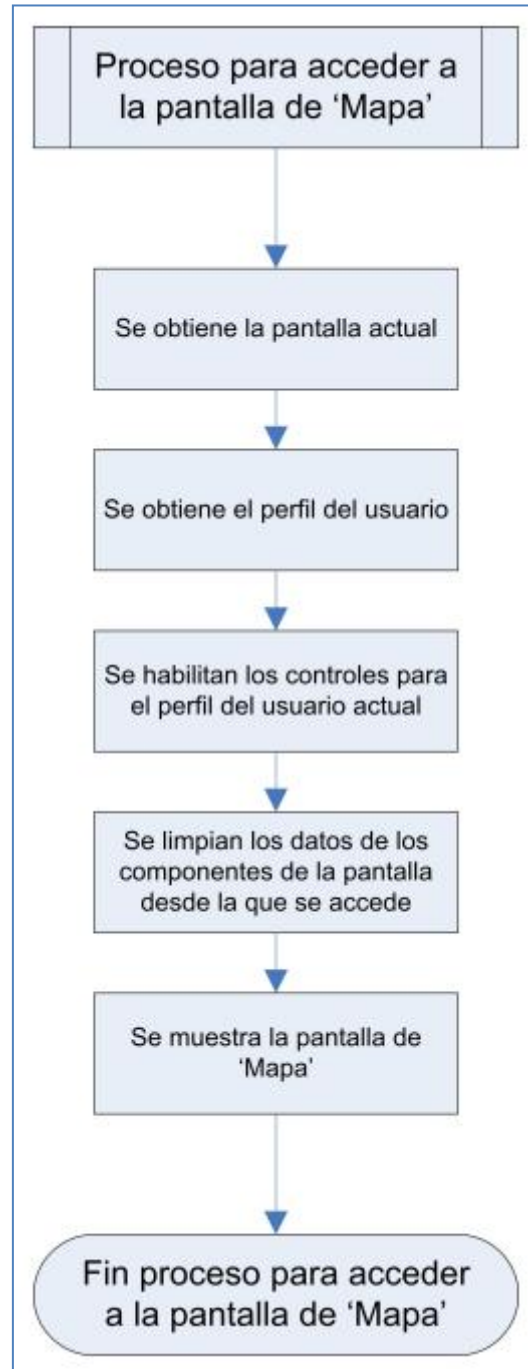


Fig. 55: proceso para acceder a la pantalla de 'Mapa'

#### 5.2.8.12. Acerca de

Este proceso se lleva a cabo cuando el usuario pulsa el submenú 'Acerca de...' del menú 'Ayuda'.

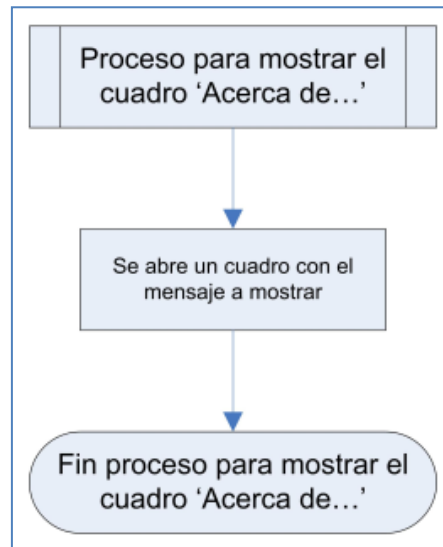


Fig. 56: proceso para mostrar el cuadro 'Acerca de...'

#### 5.2.9. Pie de la aplicación

Los procesos que se llevan a cabo aquí consisten en mostrar mensajes a los usuarios cada vez que se pasa el ratón por encima de algún componente de la aplicación.

##### 5.2.9.1. Pie

Este proceso se origina cuando el usuario pasa el ratón por encima de algún elemento de la aplicación.

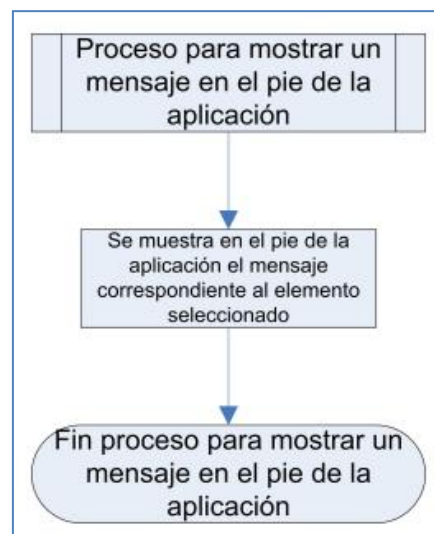


Fig. 57: proceso para mostrar un mensaje en el pie de la aplicación



#### 5.2.10. Conexión con los clientes

Los procesos que se llevan a cabo en este caso se producen estando la conexión activa y el servidor estando conectado con algún cliente. De esta manera se produce el intercambio de información entre el cliente y el servidor.

##### 5.2.10.1. *Petición de conexión de un cliente*

Este proceso se origina cuando un cliente solicita conectarse al servidor. Es necesario que la conexión esté activada y que el hilo del servidor esté esperando una nueva petición de conexión.

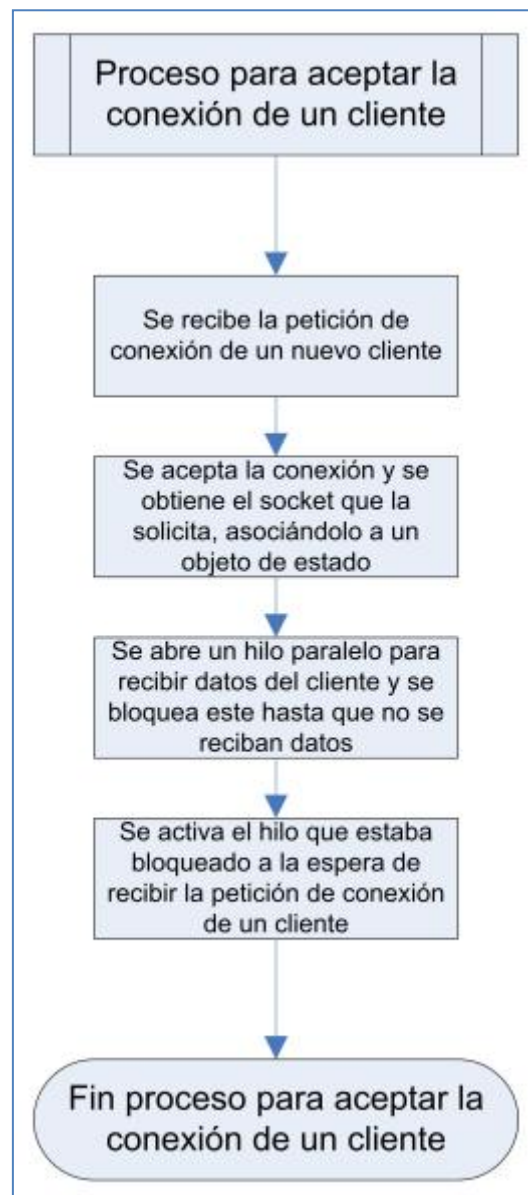
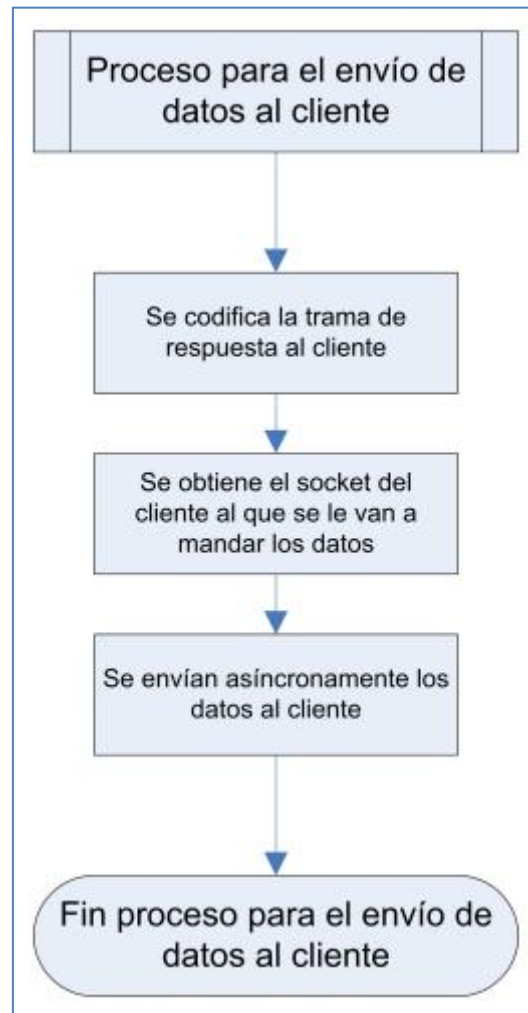


Fig. 58: proceso para aceptar la conexión de un cliente

#### **5.2.10.2. Envío de datos al cliente**

Este proceso se produce cuando el servidor debe mandar datos al cliente, bien sea como respuesta a un envío de datos del cliente, o bien por la modificación de los datos del cliente en la pantalla de 'Clientes'. Debe estar la conexión activada y el cliente conectado para que el proceso se pueda llevar a cabo.



*Fig. 59: proceso para el envío de datos al cliente*

#### **5.2.10.3. Recepción de datos desde un cliente**

Este proceso se lleva a cabo cuando el cliente envía datos al servidor. Debe estar la conexión activada, algún cliente conectado, y que el hilo de espera de datos de dicho cliente esté activado y bloqueado.

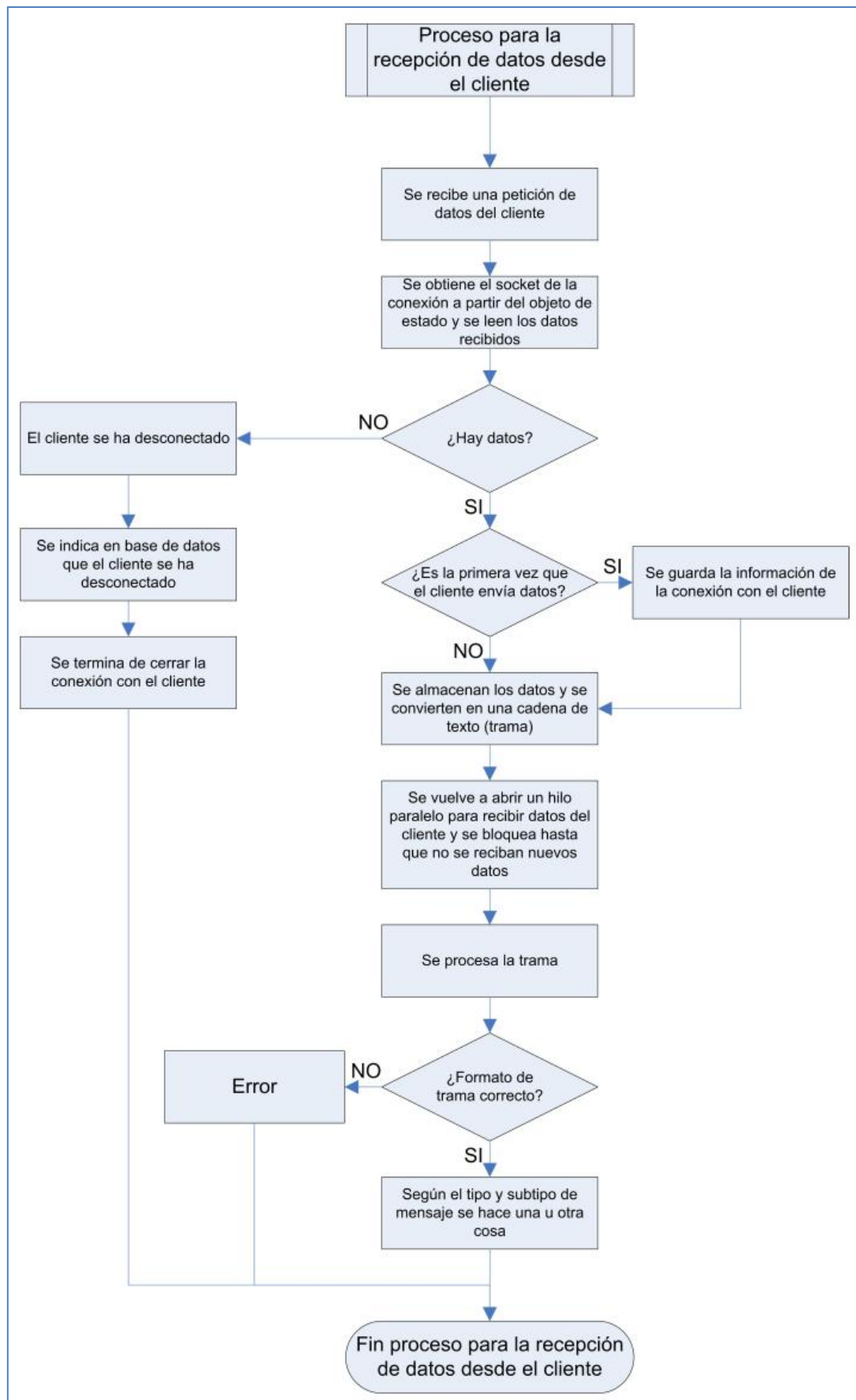


Fig. 60: proceso para la recepción de datos desde el cliente

### 5.3. Cliente

A continuación se van a detallar los procesos que se llevan a cabo en el cliente. Dado que el funcionamiento del cliente es autónomo, todos los procesos se ejecutan automáticamente según las diferentes situaciones que se vayan produciendo.

#### 5.3.1. Hilo principal

Este proceso se ejecuta nada más iniciar la aplicación. En él se inicializan las variables de la aplicación, los sistemas involucrados en la recepción de datos, y la conexión con el servidor.

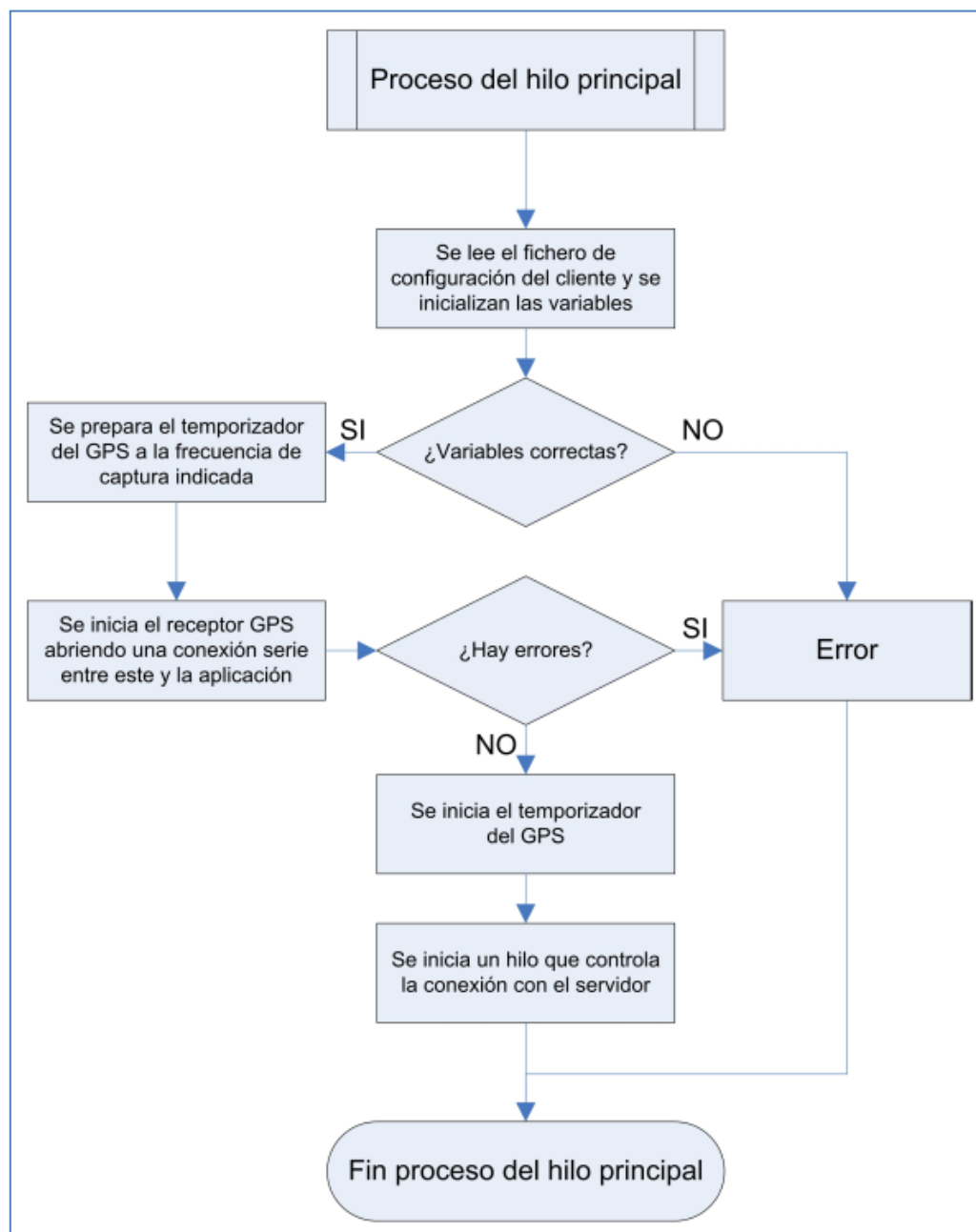


Fig. 61: hilo principal

### 5.3.2. Conexión con el servidor

Este proceso se lleva a cabo automáticamente tras iniciar el GPS, a no ser que éste falle. En el proceso se solicita la conexión con el servidor, se autentifica el usuario, y se inicia un bucle del que no se sale a no ser que se produzca un error grave.

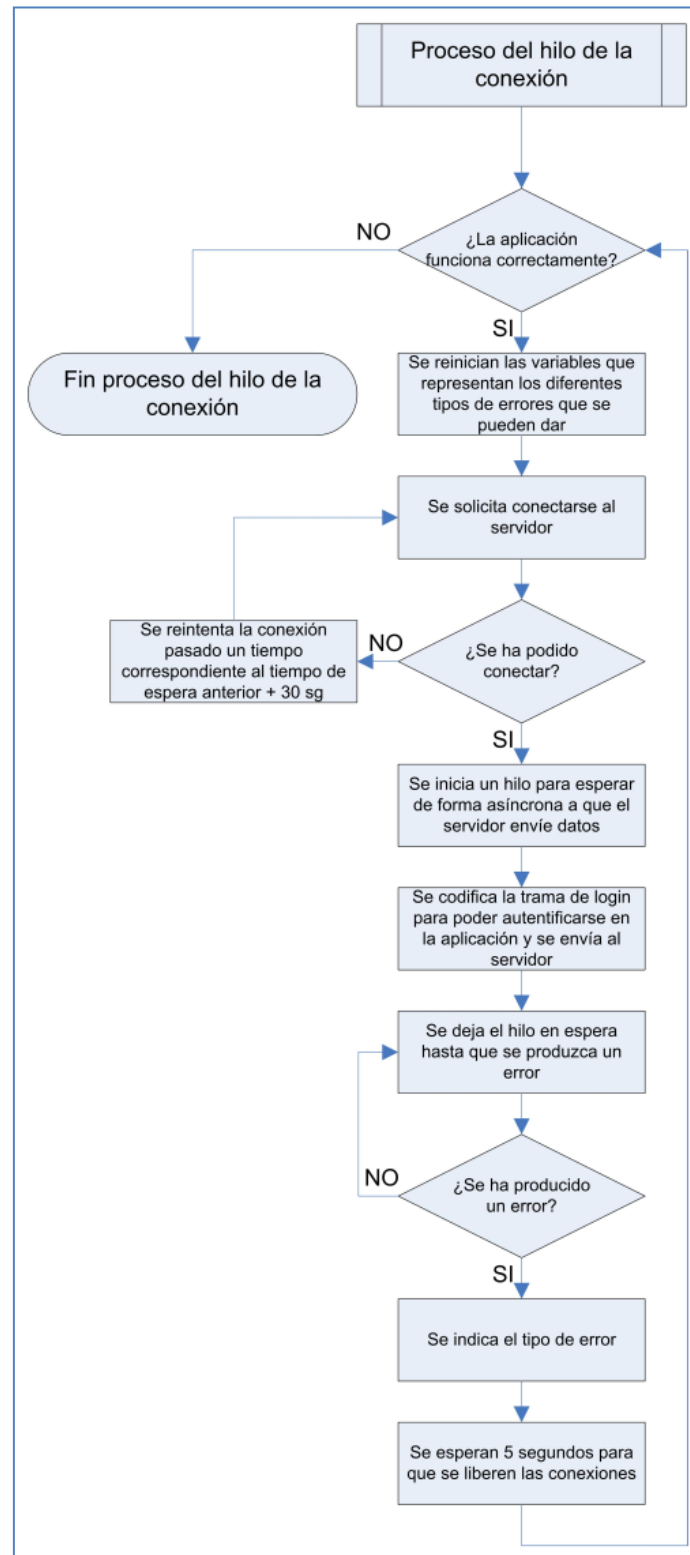


Fig. 62: proceso del hilo de la conexión

### 5.3.3. Proceso de captura y envío de posiciones

Este proceso se origina cuando salta el temporizador asignado al GPS según la frecuencia de captura configurada. La aplicación tiene que estar funcionando sin errores de conexión para que se produzca dicho proceso.

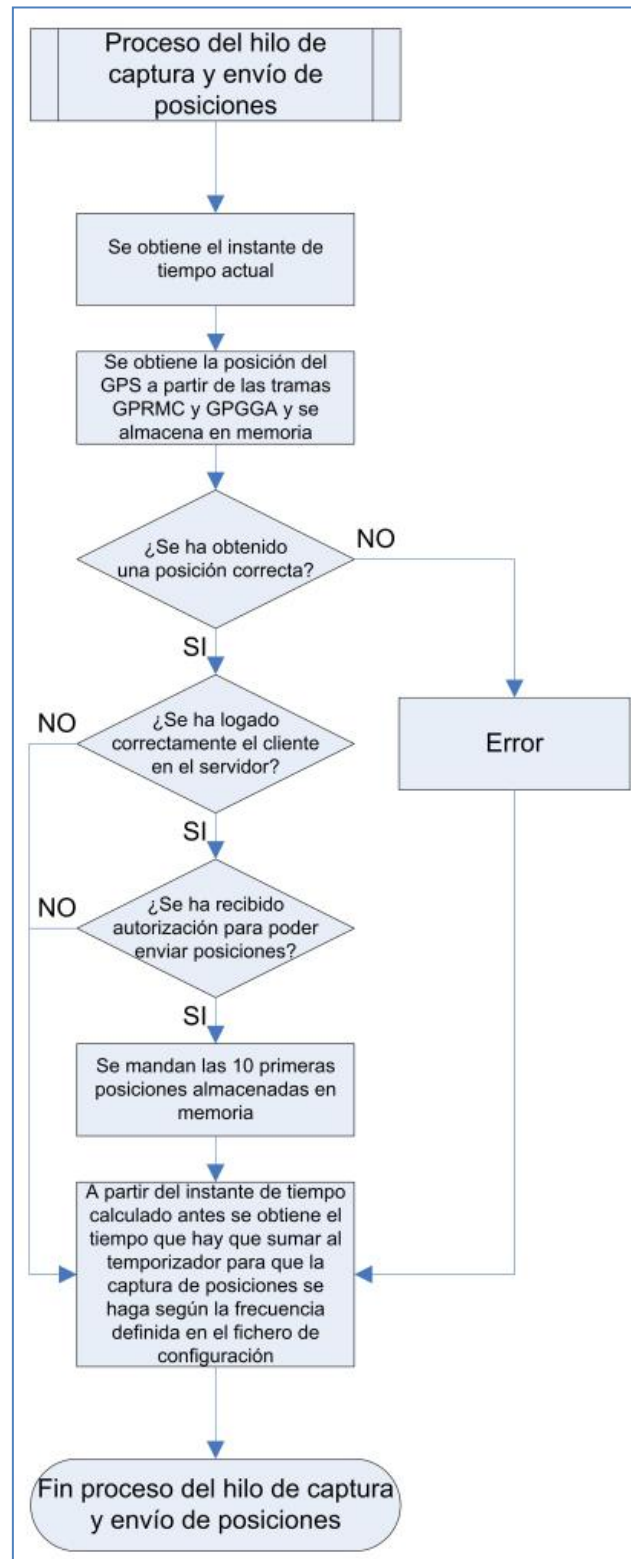


Fig. 63: proceso del hilo de captura y envío de posiciones

#### 5.3.4. Recepción de datos desde el servidor

Este proceso se produce cuando el servidor envía datos al cliente. En ese momento se ejecuta un hilo que permite leer esos datos. La aplicación tiene que estar conectada al servidor para que se pueda dar el proceso.

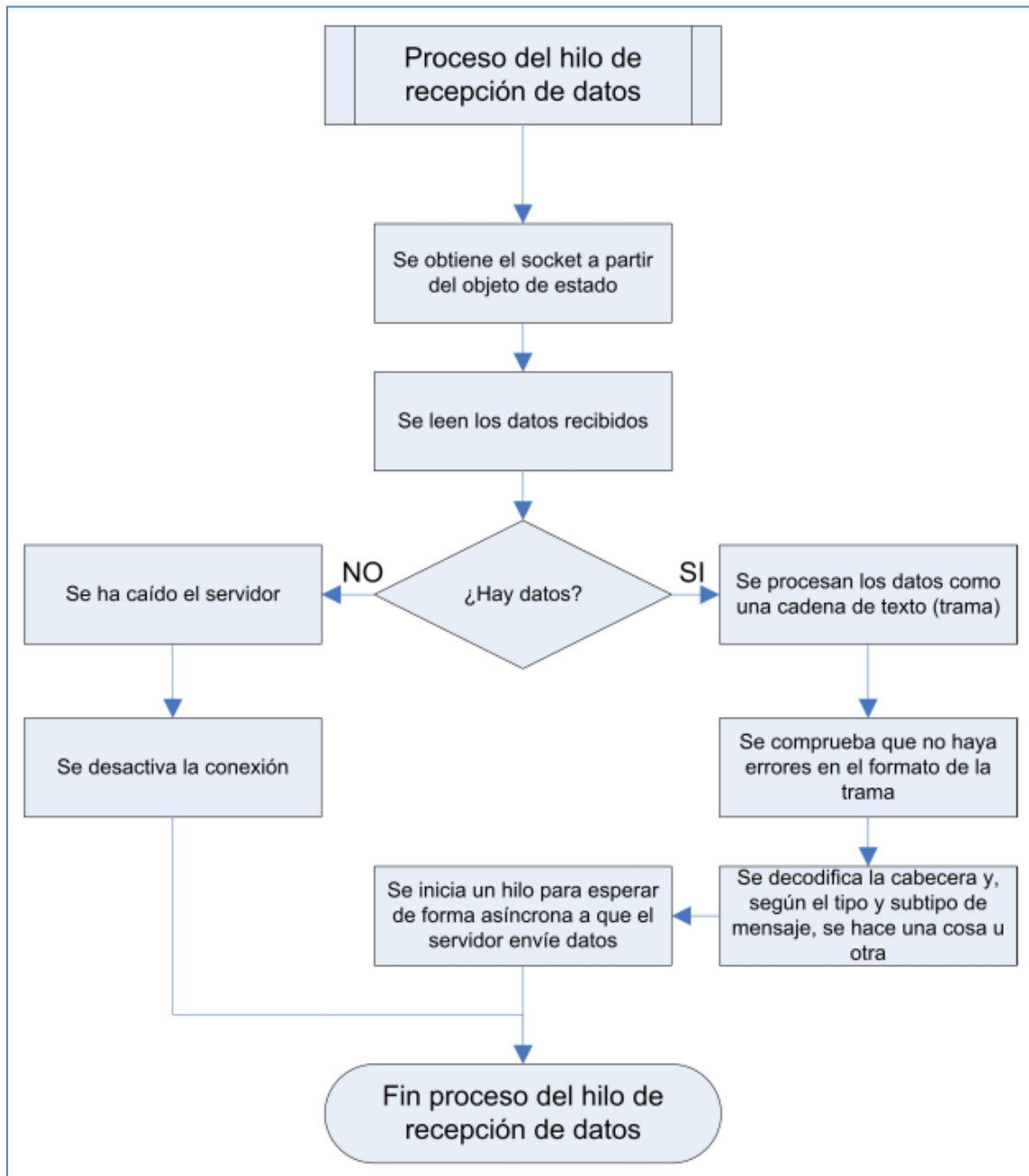


Fig. 64: proceso del hilo de recepción de datos





# Capítulo 6

## Conclusiones

### 6.1. Conclusiones

Hoy en día, la tecnología ayuda de muy diferentes formas. En el caso de organizaciones o empresas que utilicen flotas de vehículos, la unión de la tecnología GPS con aplicaciones software donde volcar la información que provee dicho sistema, ha permitido que de una manera fácil, cómoda y segura se pueda realizar un seguimiento de cada vehículo independiente, no sólo de su posición, sino también de otros parámetros internos al mismo.

Actualmente, prácticamente la totalidad de las organizaciones que hacen uso de la gestión de flotas utilizan tecnología GPS. En algunos casos, se utilizan otros sistemas, como el GLONASS, aunque en general su uso es puntual y se hace como apoyo a la tecnología principal.

Sin embargo, la globalización general de la tecnología así como el desarrollo de nuevos sistemas GNSS, como GALILEO, hace que el futuro de la gestión de flotas pase por el uso de múltiples sistemas que se usen simultáneamente, con una gran interoperabilidad entre ellos, consiguiendo mejorar aún más la precisión, y obteniendo una mayor seguridad y fiabilidad en el seguimiento de las flotas.



# Capítulo 7

## Futuras líneas de desarrollo

### 7.1. Introducción

A pesar de que este PFC es completamente funcional y podría implantarse para su explotación, existen una serie de mejoras que aún se podrían realizar. Estas mejoras influirían en el aspecto final de la aplicación, en la manera de guardar los datos obtenidos de cada cliente, en la forma de comunicarse el cliente y el servidor, y en incluir un cliente físico con capacidad autónoma.

### 7.2. Evolución hacia una aplicación web

Hasta hace poco las aplicaciones de escritorio eran las más comunes. Cada usuario instalaba en su equipo la aplicación y desde ahí hacía uso de ella. Sin embargo, hoy en día se tiende a usar aplicaciones web en las que los usuarios de la aplicación se conectan a un servidor central directamente a través de Internet.

De esta forma se evita el tener que instalar una aplicación de escritorio en cada equipo donde se vaya a hacer uso de la misma. Además, y gracias a que es una conexión web, esto permite que el servidor esté en una ubicación física distinta a los equipos de los usuarios, siendo estos equipos PCs, PDAs, dispositivos móviles, tabletas, o cualquier otro dispositivo con capacidad de

conexión a Internet y con un navegador que cumpla los requisitos de compatibilidad de la aplicación.

En este PFC, el hecho de evolucionar hacia una aplicación web influiría básicamente en el núcleo de la aplicación, que sería el que habría que modificar, así como la conexión con los usuarios. El resto de clases de la aplicación se podrían mantener, incluyendo las de la conexión con el cliente.

Una de las tecnologías más usadas hoy en día y que da muy buenos resultados en cuanto a aplicaciones web es el framework Struts [70].

### **7.3. Uso de una nueva base de datos**

El uso de una base de datos Access en este PFC permite que el servidor sea portable, siempre y cuando la base de datos y el ejecutable de la aplicación vayan juntos. Esto puede resultar útil en algunos casos, aunque resulta un problema cuando se quiere usar el servidor desde más de un equipo, ya que cada aplicación guardará los datos en su propia base de datos.

Si el servidor tiende a evolucionar hacia una aplicación web, lo lógico es usar una base de datos más potente y segura como es, por ejemplo, Oracle [71]. De esta forma, la base de datos quedaría integrada junto al servidor fuera del alcance de los usuarios en una ubicación física distinta, ocultándoles la capa de datos y simplificando así el uso de la aplicación.

En cuanto al PFC, la capa de datos se controla mediante una única clase. El utilizar Oracle u otra base de datos del estilo, junto con el uso de una aplicación web, implica que se pueda usar un framework de persistencia, como por ejemplo Hibernate [72].

Como las sentencias usadas para acceder a la base de datos Access están escritas en SQL (*Structured Query Language*) [73], a la hora de migrar a Oracle se podrían reutilizar siempre y cuando se mantenga la misma estructura de tablas.

### **7.4. Uso de GPRS en la comunicación cliente-servidor**

En este PFC la manera de comunicarse el cliente y el servidor es a través de TCP/IP con una conexión a través de sockets. El hecho de usar esto así en una aplicación de gestión de flotas, obliga a que la aplicación cliente siempre esté conectada a Internet para poder enviar la información. Esto no es siempre posible, ya que al ser vehículos en movimiento, la forma de hacerlo sería mediante una conexión Wi-Fi [74], cosa que no siempre es posible.

Esto se puede solucionar de varias maneras, usando tecnología UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) y, en un futuro, tecnología LTE (*Long Term Evolution*), aunque lo más sencillo actualmente es usar la tecnología GPRS para la comunicación. Para ello se puede utilizar la aplicación como hasta ahora y usar un dispositivo que haga de módem para el cliente

y que se comunique mediante esta tecnología. La gran mayoría de los teléfonos móviles modernos disponen de esta capacidad.

Otra forma es utilizar dispositivos que ya vienen diseñados para su uso con la gestión de flotas y que incluyen la tecnología GPRS para las comunicaciones. Al igual que los teléfonos móviles, hacen uso de una tarjeta SIM asociada a un número de teléfono para poder acceder a la red.

Mediante una tarifa de datos, con cualquiera de estas dos soluciones se conseguiría aumentar el área de uso de la aplicación a todas aquellas zonas en las que se disponga de cobertura GPRS, que prácticamente es la totalidad de las carreteras españolas.

## **7.5. Nuevo cliente autónomo**

El cliente implementado en el PFC obliga a que en el vehículo haya un equipo que pueda ejecutar la aplicación, es decir, que sea compatible con Windows de 32 bits y con .NET 2.0.

Esto no es muy útil cuando se pretende conseguir cierta independencia del cliente. Para ello existen equipos que se instalan en el vehículo en lugares poco accesibles pero con todos los requerimientos que pide la aplicación. Además, estos equipos vienen ya equipados con receptor GPS, comunicación GPRS, y suelen tener entradas y salidas útiles, como por ejemplo conectar un display para mandar mensajes al conductor, obtener información de los diferentes parámetros del vehículo, o activar alarmas para diferentes situaciones.

Estos dispositivos son programables, aunque suelen serlo en otros lenguajes diferentes al usado en el PFC, como son ensamblador, C, C++, etc... El uso de uno de estos dispositivos implicaría la reprogramación del cliente para adaptarlo a dicho lenguaje.



# Capítulo 8

## Presupuesto

### 8.1. Introducción

Una vez desarrollado el PFC, en este último capítulo se va a calcular un presupuesto del mismo. Para ello, y en primer lugar, se va a realizar una descripción de cada tarea llevada a cabo y, por último, se va a finalizar con una valoración económica del coste total del PFC.

### 8.2. Fases del PFC

En el primer capítulo ya se habló de las fases en las que se divide el PFC. Estas eran el análisis del problema a plantear, el diseño de la aplicación, el desarrollo de la misma, y la escritura de la memoria.

De una manera más detallada, las fases de diseño y desarrollo se pueden dividir a su vez en otras tareas. Dichas tareas no han sido lineales, es decir, cada tarea ha podido estar dividida en varias partes, de forma que hasta que no se terminara otra tarea no se podía continuar con la primera, o bien la aparición de incidencias durante el desarrollo implicaba el tener que retomar de nuevo una tarea para solucionarlas.

A la hora de definir el tiempo de trabajo, se ha utilizado una jornada laboral de 2,5 horas. Durante cada jornada no se ha tenido por qué realizar una única tarea, sino que se han podido realizar varias en paralelo, aunque la suma total no ha superado las 2,5 horas de media.

#### **8.2.1. Análisis del problema planteado**

Esta primera tarea ha consistido en decidir los elementos a usar para poder realizar el PFC: un sistema cliente-servidor, un protocolo de comunicación, una base de datos para almacenar la información, y los dispositivos y equipos para poder desarrollar todo.

Esta tarea ha tenido una duración de 2 días, es decir, 5 horas.

#### **8.2.2. Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del servidor**

Esta tarea ha consistido en la definición de las pautas a seguir a la hora de desarrollar la aplicación del servidor. En ella se ha definido la forma de estructurar las pantallas que se han usado para mostrar la información. Además, también se han definido las clases y variables globales que se han usado en la programación del servidor.

Esta tarea ha tenido una duración de 20 días, es decir, 50 horas.

#### **8.2.3. Desarrollo de la pantalla de 'Login'**

Aquí se ha definido como se va a autenticar el usuario dentro de la aplicación y cómo va a responder el sistema a dicha petición de autenticación. Así mismo, se han trazado las reglas para poder comunicar esta pantalla con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 4 días, es decir, 10 horas.

#### **8.2.4. Desarrollo de la pantalla de 'Cambio de contraseña'**

En esta tarea se ha detallado la forma en la cual los usuarios pueden cambiar su contraseña, así como este cambio influye en el resto de elementos del sistema. Además, se ha decidido cómo esta pantalla se puede comunicar con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 3,5 días, es decir, 8,75 horas.

#### **8.2.5. Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de usuarios'**

En esta tarea se ha definido la forma en la cual los usuarios se pueden configurar, ya sea dándose de alta, realizando modificaciones en sus características, o bien dándose de baja. También se ha definido la manera en que esta pantalla interactúa con el resto de pantallas, así como con el resto de elementos del sistema.



Esta tarea ha tenido una duración de 6 días, es decir, 15 horas.

#### **8.2.6. Desarrollo de la pantalla de 'Conexión'**

Para esta tarea se ha definido la forma en la cual el usuario activa o desactiva la conexión. También se ha definido cómo se muestra el log de la aplicación y como esta pantalla se comunica con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 4,5 días, es decir, 11,25 horas.

#### **8.2.7. Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de clientes'**

Aquí se ha definido cómo el usuario puede configurar las propiedades de los clientes, así como darlos de alta o borrarlos de la aplicación. También se ha definido la manera en la cual esta pantalla se comunica con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 8 días, es decir, 20 horas.

#### **8.2.8. Desarrollo de la pantalla de 'Mapa'**

En esta tarea se ha decidido cómo mostrar el mapa de la aplicación, qué elementos mostrar en él, cómo filtrar dichos elementos, así como la forma en que esta pantalla se comunica con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 10 días, es decir, 25 horas.

#### **8.2.9. Diseño y desarrollo de la base de datos**

Para esta tarea se han definido los modelos de base de datos que se van a usar en la aplicación, además de la forma en la cual ésta se va a comunicar con ella.

Esta tarea ha tenido una duración de 11 días, es decir, 27,5 horas.

#### **8.2.10. Desarrollo del menú de la aplicación**

Aquí se han definido las relaciones que permiten al usuario acceder a cualquier elemento de la aplicación desde el menú, así como qué elementos mostrar según el perfil del usuario.

Esta tarea ha tenido una duración de 2 días, es decir, 5 horas.

#### **8.2.11. Desarrollo del pie de la aplicación**

En esta tarea se ha decidido cómo ver en el pie de la aplicación los diferentes mensajes que se muestran al pasar el usuario el ratón por encima de los diferentes elementos de la aplicación.

Esta tarea ha tenido una duración de 3,5 días, es decir, 8,75 horas.

#### **8.2.12. Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del cliente**

Para esta tarea se ha definido la forma de desarrollar la aplicación del cliente. Se ha decidido cómo estructurar la aplicación, cómo hacer la conexión con el servidor, y cómo obtener las posiciones del GPS. Además, se han decidido las clases y variables globales a usar para programar dicha aplicación.

Esta tarea ha tenido una duración de 12 días, es decir, 30 horas.

#### **8.2.13. Desarrollo de la pantalla de 'Trazas'**

Aquí se ha definido la manera en la que mostrar las trazas de aquellos clientes que se han borrado pero de los que aún se conservan sus posiciones. También se ha definido como borrar definitivamente un cliente y cómo restaurarlo de nuevo, así como la forma en la que esta pantalla se comunica con las demás.

Esta tarea ha tenido una duración de 7 días, es decir, 17,5 horas.

#### **8.2.14. Desarrollo de la conexión del cliente**

En esta tarea se ha decidido cómo realizar la conexión del cliente con el servidor, cómo autenticarse en él, y cómo mandar las posiciones recibidas, así como la forma de manejar los mensajes recibidos del servidor. También se ha decidido el formato base para la trama de comunicación y el formato de las tramas relativas a la conexión y estado de la conexión con el servidor.

Esta tarea ha tenido una duración de 13,5 días, es decir, 33,75 horas.

#### **8.2.15. Desarrollo del proceso de captura y procesado de la señal GPS**

Para esta tarea se ha decidido cómo capturar las posiciones del GPS, qué interfaz usar para poder leerlas desde el cliente, cómo codificarlas en una trama de posición y cómo mandarlas al servidor.

Esta tarea ha tenido una duración de 9 días, es decir, 22,5 horas.

#### **8.2.16. Desarrollo de la conexión del servidor**

En esta tarea se ha decidido cómo realizar la conexión con los clientes, cómo tratar los clientes conectados, y cómo manejar los mensajes de comunicación con ellos.

Esta tarea ha tenido una duración de 16,5 días, es decir, 41,25 horas.

#### **8.2.17. Documentación y memoria**

Esta tarea ha consistido en la recopilación de datos e información para poder redactar esta memoria donde se condensa todo el PFC.

Esta tarea ha tenido una duración de 71 días, es decir, 177,5 horas.

### **8.3. Diagrama de Gantt**

Para poder representar gráficamente en una escala temporal la dedicación a cada una de las tareas descritas en el punto anterior, se ha hecho uso de un diagrama de Gantt.

En él, se representa cada una de las tareas de forma continua desde su comienzo hasta su final, aunque a lo largo de su desarrollo este no haya sido continuo. En el diagrama, cada tarea está en una fila, indicando de esta forma el orden seguido en su realización.

El software usado en la realización de este diagrama ha sido Microsoft Excel.

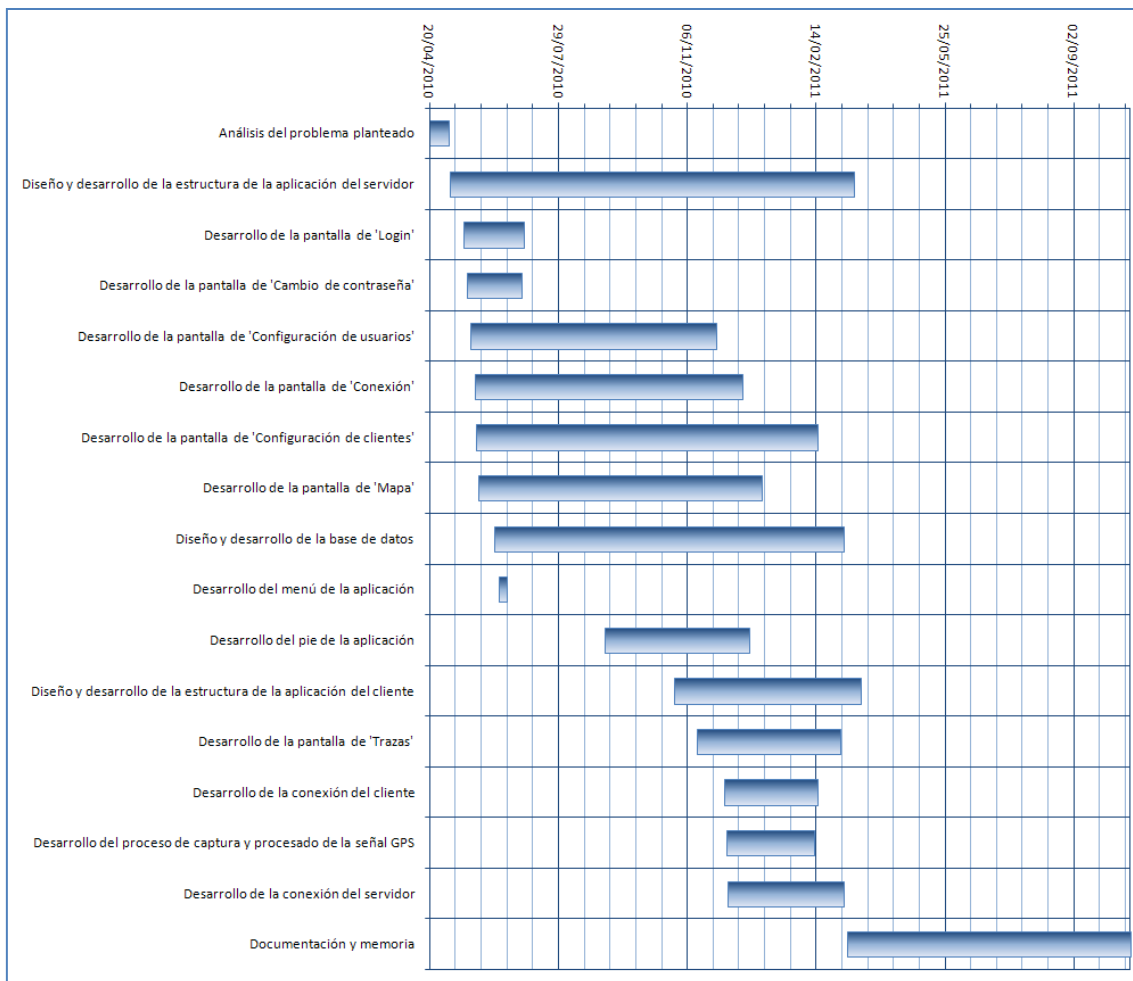


Fig. 65: diagrama de Gantt

## 8.4. Valoración económica

A continuación se va a presentar el desglose de los gastos resultantes de la realización de este PFC. En él se incluyen los gastos en materia personal, los gastos materiales de los equipos utilizados, así como los gastos derivados de las pruebas realizadas.

### 8.4.1. Gastos personales

Para poder calcular estos gastos, se ha tenido en cuenta el número de personas involucradas en el proyecto, el número total de horas trabajadas, y el coste persona/hora.

En cuanto al número de personas, en este proyecto han estado involucradas dos. No ha sido necesario el uso de más personal ya que el proyecto no lo requería ni por tiempo, ni por carga de trabajo.

Para calcular el número total de horas trabajadas, se ha usado la tabla de tareas del punto anterior. De esta forma, las horas por tarea y las horas totales serían:

Tarea realizada	Duración (horas)
Análisis del problema planteado	5,00
Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del servidor	50,00
Desarrollo de la pantalla de 'Login'	10,00
Desarrollo de la pantalla de 'Cambio de contraseña'	8,75
Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de usuarios'	15,00
Desarrollo de la pantalla de 'Conexión'	11,25
Desarrollo de la pantalla de 'Configuración de clientes'	20,00
Desarrollo de la pantalla de 'Mapa'	25,00
Diseño y desarrollo de la base de datos	27,50
Desarrollo del menú de la aplicación	5,00
Desarrollo del pie de la aplicación	8,75
Diseño y desarrollo de la estructura de la aplicación del cliente	30,00
Desarrollo de la pantalla de 'Trazas'	17,50
Desarrollo de la conexión del cliente	33,75
Desarrollo del proceso de captura y procesado de la señal GPS	22,50
Desarrollo de la conexión del servidor	41,25
Documentación y memoria	177,50
<b>Horas totales:</b>	<b>508,75</b>

Tabla 16: horas por tarea y horas totales

Además de éstas, hay que tener en cuenta las horas empleadas con el tutor. En este caso, han sido un total de 10 horas.

Para calcular el coste persona/hora, se ha utilizado un coste para un ingeniero junior de 75 €/hora, y para un ingeniero sénior de 113 €/hora.

Con todos los datos ya obtenidos, el coste total de gastos personales asciende a:

Persona	Horas trabajadas	Coste persona/hora	Coste unitario (€)
Javier Cerrato Miranda	508,75	75,00	38.156,25
Víctor P. Gil Jiménez	10,00	113,00	1.130,00
		<b>Coste total:</b>	<b>39.286,25</b>

Tabla 17: total gastos personales

#### 8.4.2. Gastos materiales

Para el cálculo de estos gastos hay que tener en cuenta los costes de los equipos utilizados en el desarrollo del PFC. También hay que fijarse en que el valor real del coste de los equipos en el proyecto es el proporcional al tiempo de uso de los mismos.

Teniendo en cuenta que el tiempo medio de depreciación de un equipo informático es de 60 meses (5 años), la fórmula para calcular el coste de cada equipo sería:

$$\frac{m}{d} \times c \times t$$

Donde 'm' es el número de meses en que el equipo es utilizado, 'd' es el periodo de depreciación, 'c' es el coste del equipo (sin IVA), y 't' el porcentaje de uso que se dedica al proyecto.

Según estos cálculos, el coste total de los gastos de los equipos utilizados sería:

Descripción	Dedicación (meses)	Coste sin IVA (€)	% de uso	Coste unitario (€)
Equipo de sobremesa	18	492,00	80	118,08
Equipo portátil	18	942,18	40	113,06
Equipo de pruebas	18	269,78	50	40,47
Equipo GPS	18	216,97	90	58,58
<b>Coste total:</b>				<b>330,19</b>

Tabla 18: total gastos materiales

#### 8.4.3. Otros gastos directos

En el cálculo de estos gastos, se han tenido en cuenta todos aquellos que de forma directa han sido consecuencia del desarrollo del proyecto. En este caso, sólo ha habido un gasto repercutible en el gasto total, y ha sido la gasolina consumida al hacer pruebas con la aplicación.

De esta forma, el total de estos gastos sería:

Descripción	Coste (€)
Gasolina	150,00
<b>Coste total:</b>	<b>150,00</b>

Tabla 19: total otros gastos directos

#### 8.4.4. Gastos totales del proyecto

Una vez calculados los gastos personales, los gastos materiales, y otros gastos derivados del proyecto, se va a calcular el gasto total del proyecto.

A la hora de calcular este gasto hay que incluir los gastos indirectos. Para el cálculo de estos gastos, se tomará como referencia que dichos gastos son el 20% de la suma de los gastos anteriores.

De esta manera, el gasto total del proyecto quedaría:

Descripción	Gasto (€)
Gastos personales	39.286,25
Gastos materiales	330,19
Otros gastos directos	150,00
Gastos indirectos	3.138,36
<b>Coste total:</b>	<b>42.904,80</b>

*Tabla 20: gastos totales del proyecto*

Por lo tanto, el gasto total del proyecto asciende a la cantidad de CUARENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS CUATRO EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.





# Glosario

AFSCN	<i>Air Force Satellite Control Network</i>
ARNS	<i>Aeronautical Radio Navigation Services</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
BBDD	<i>Base de Datos</i>
BOC	<i>Binary Offset Carrier</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift-Keying</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CR	<i>Carriage Return</i>
DASS	<i>Distress Alerting Satellite System</i>
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DNSS	<i>Defense Navigation Satellite System</i>
DOP	<i>Dilution of Precision</i>
DOT	<i>Department of Transportation</i>
EC	<i>European Commission</i>
EGNOS	<i>European Geostationary Navigation Overlay Service</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GAGAN	<i>GPS Aided Geo Augmented Navigation</i>
GEO	<i>Geostationary Earth Orbit</i>
GLONASS	<i>GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HOW	<i>HandOver Word</i>
IRNSS	<i>Indian Regional Navigation Satellite System</i>
LEO	<i>Low Earth Orbit</i>
LF	<i>Line Feed</i>
LORAN	<i>LONg RANge Navigation</i>
MBOC	<i>Multiplexed Binary Offset Carrier</i>
MCS	<i>Master Control Station</i>
MDGPS	<i>Maritime Differential GPS</i>

MEO	<i>Medium Earth Orbit</i>
MSAS	<i>Multi-functional Satellite Augmentation System</i>
NAVSTAR	<i>NAVigation System Time and Ranging</i>
NDGPS	<i>Nationwide Differential GPS</i>
NGA	<i>National Geospatial-Intelligence Agency</i>
NMEA	<i>National Marine Electronics Association</i>
OCX	<i>GPS Advanced Control Segment</i>
PRC	<i>Pseudo-Random Code</i>
QZSS	<i>Quasi-Zenith Satellite System</i>
RIMS	<i>Ranging and Integrity Monitor Station</i>
RNSS	<i>Radio Navigation Satellite Services</i>
SA	<i>Selective Availability</i>
SBAS	<i>Satellite Based Augmentation System</i>
SDCM	<i>System of Differential Correction and Monitoring</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
TLM	<i>TeLeMetry word</i>
TOW	<i>Time of Week</i>
WAAS	<i>Wide Area Augmentation System</i>

# Referencias

- [1] Sistema de Posicionamiento Global: descripción.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_posicionamiento\\_global](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global)  
[12/03/2011].
- [2] Sistema de Posicionamiento Global: historia (LORAN).  
Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (Wayne Tomásí) (2003). Pág. 852.
- [3] Sistema de Posicionamiento Global: historia (TRANSIT).  
Global Navigation Satellite Systems (G. S. Rao) (2010). Pág. 3.
- [4] Sistema de Posicionamiento Global: historia (Timation).  
Global Navigation Satellite Systems (G. S. Rao) (2010). Pág. 5.
- [5] Sistema de Posicionamiento Global: historia (621B).  
Global Navigation Satellite Systems (G. S. Rao) (2010). Pág. 6.
- [6] Sistema de Posicionamiento Global: historia (CICADA).  
GPS-Techniques Applied to Geodesy and surveying (Erwin Groten, Robert Strauss)  
(1988). Pág. 251.
- [7] Sistema de Posicionamiento Global: número de satélites visibles.  
<http://www.elgps.com/documentos/numerosatelites.html>  
[14/03/2011].
- [8] Sistema de Posicionamiento Global: historia.  
<http://www.alsitel.com/tecnico/gps/historia.htm>  
[15/03/2011].
- [9] Sistema de Posicionamiento Global: historia.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)  
[15/03/2011].
- [10] Sistema de Posicionamiento Global: historia.  
A brief history of satellite navigation. Stanford University.  
<http://news.stanford.edu/pr/95/950613Arc5183.html>  
[15/03/2011].
- [11] Sistema de Posicionamiento Global: historia.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_GPS\\_satellite\\_launches](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_GPS_satellite_launches)  
[15/03/2011].
- [12] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento espacial – satélites en

- funcionamiento en la actualidad).  
<http://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationStatus>  
 [16/03/2011].
- [13] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento espacial – portadoras satélite).  
<http://personales.mundivia.es/edomenecht/docs/gpsweb/introgps/prc01.htm>  
 [16/03/2011].
- [14] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento espacial – señales en el satélite GPS).  
<http://tel.abloque.com/telecomunicaciones/tutorial/capitulo3.html>  
 [17/03/2011].
- [15] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento espacial).  
<http://www.cicomsy.com.es/artificium/?p=44>  
 [17/03/2011].
- [16] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de control – estaciones de monitorización).  
[http://igs.bkg.bund.de/root\\_ftp/IGS/mail/igsmail/year2005/5209](http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/IGS/mail/igsmail/year2005/5209)  
 [18/03/2011].
- [17] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de control – filtro de Kalman).  
<http://www.innovatia.com/software/papers/kalman.htm>  
 [20/03/2011].
- [18] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de control).  
<http://www.cicomsy.com.es/artificium/?p=44>  
 [20/03/2011].
- [19] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de usuario).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System#User\\_segment](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#User_segment)  
 [21/03/2011].
- [20] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de usuario).  
<http://www.cicomsy.com.es/artificium/?p=58>  
 [21/03/2011].
- [21] Sistema de Posicionamiento Global: estructura (segmento de control – protocolo NMEA 0183).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA\\_0183](http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183)  
 [21/03/2011].
- [22] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento.  
<http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html>  
 [22/03/2011].
- [23] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (triangulación).  
<http://personales.mundivia.es/edomenecht/docs/gpsweb/introgps/paso01.htm>  
 [24/03/2011].
- [24] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (distancias).  
<http://personales.mundivia.es/edomenecht/docs/gpsweb/introgps/paso02.HTM>  
 [28/03/2011].
- [25] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (distancias – amplificación PRC).  
[http://www.trimble.com/gps/sub\\_amplify.shtml](http://www.trimble.com/gps/sub_amplify.shtml)  
 [28/03/2011].
- [26] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (cálculo del tiempo).  
<http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html#3>  
 [29/03/2011].
- [27] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (localizar los satélites).  
<http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html#4>

- [30/03/2011].
- [28] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (errores).  
<http://www.isa.cie.uva.es/gps/GPSerrores.html>  
 [31/03/2011].
- [29] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (errores – SA).  
<http://www.alsitel.com/tecnico/gps/errores.htm>  
 [04/04/2011].
- [30] Sistema de Posicionamiento Global: posicionamiento (errores).  
<http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html#5>  
 [04/04/2011].
- [31] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (mensaje NAV – estructura).  
 Avionics Navigation Systems (Myron Kayton, Walter R. Fried) (1997). Pág. 220.
- [32] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (mensaje NAV – TLM y HOW).  
 Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach (James Baoyen Tsui) (2005). Pág. 80.
- [33] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (mensaje NAV).  
<http://gpsinformation.net/gpssignal.htm>  
 [09/05/2011]
- [34] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – ASCII).  
<http://www.asciitable.com/>  
 [12/05/2011].
- [35] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – definición).  
<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>  
 [12/05/2011].
- [36] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – V4.00).  
[http://www.nmea.org/content/nmea\\_standards/nmea\\_083\\_v\\_400.asp](http://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_083_v_400.asp)  
 [12/05/2011].
- [37] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – tipos de sentencia).  
<http://www.cs.put.poznan.pl/wswitala/download/pdf/NMEAdescription.pdf>  
 [13/05/2011].
- [38] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – tipos de emisor y sentencias generales).  
<http://gpsd.berlios.de/NMEA.txt>  
 [13/05/2011].
- [39] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA0183 – sentencias V4.00 y V4.10).  
[http://www.nmea.org/Assets/0183\\_advancements\\_nmea\\_oct\\_1\\_2010%20\(2\).pdf](http://www.nmea.org/Assets/0183_advancements_nmea_oct_1_2010%20(2).pdf)  
 [13/05/2011].
- [40] Sistema de Posicionamiento Global: comunicación (NMEA 0183 – sentencias RMC y GGA).  
<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>  
 [13/05/2011].
- [41] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (DGPS).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Differential\\_GPS](http://en.wikipedia.org/wiki/Differential_GPS)  
 [16/05/2011].
- [42] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (DGPS – cobertura).  
[http://www.puertos.es/ayudas\\_navegacion/sistemas\\_navegacion\\_por\\_satelite/Sistemas\\_GPS\\_y\\_DGPS.html](http://www.puertos.es/ayudas_navegacion/sistemas_navegacion_por_satelite/Sistemas_GPS_y_DGPS.html)  
 [16/05/2011].
- [43] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS).  
[http://www.kowoma.de/en/gps/waas\\_egnos.htm](http://www.kowoma.de/en/gps/waas_egnos.htm)  
 [17/05/2011].

- [44] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – cobertura).  
<http://egnos-portal.gsa.europa.eu/users/general-information/sbas-coverage-and-status>  
[17/05/2011].
- [45] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – WAAS).  
<http://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html>  
[17/05/2011].
- [46] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – cobertura WAAS).  
[http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/waas/news/media/WAASVertNavSnapshot.jpg](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/news/media/WAASVertNavSnapshot.jpg)  
[17/05/2011].
- [47] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – EGNOS).  
<http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos>  
[19/05/2011].
- [48] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – cobertura EGNOS).  
[http://a2.sphotos.ak.fbcdn.net/hphotos-ak-ash4/200293\\_206310309388915\\_198751003478179\\_793731\\_773625\\_n.jpg](http://a2.sphotos.ak.fbcdn.net/hphotos-ak-ash4/200293_206310309388915_198751003478179_793731_773625_n.jpg)  
[19/05/2011].
- [49] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – MSAS).  
<http://www.nec.com/global/solutions/cns-atm/navigation/msas.html>  
[20/05/2011].
- [50] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – cobertura MSAS).  
<http://www.gpsworld.com/survey/perspectives-late-april-2008-7289>  
[20/05/2011].
- [51] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – SDCM).  
[http://www.aviationweek.com/aw/jsp\\_includes/articlePrint.jsp?headline=null&storyID=news/bca0609p2.xml](http://www.aviationweek.com/aw/jsp_includes/articlePrint.jsp?headline=null&storyID=news/bca0609p2.xml)  
[20/05/2011].
- [52] Sistema de Posicionamiento Global: mejorar la precisión (SBAS – GAGAN).  
[http://www.airportsindia.org.in/about\\_us/organisation.jsp](http://www.airportsindia.org.in/about_us/organisation.jsp)  
[20/05/2011].
- [53] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS.  
<http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/>  
[24/05/2011].
- [54] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – modulación BPSK).  
Modulation and Coding for Wireless Communications (Alister Burr) (2001). Pág. 36.
- [55] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – mensaje CNAV).  
<http://www.gpsworld.com/defense/news/cnav-messages-gps-l2-begin-fall-2009-3350>  
[25/05/2011].
- [56] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – *trilaning*).  
<http://www.ngs.noaa.gov/IGSWorkshop2008/docs/recDev-positionpaper.pdf>  
[26/05/2011].
- [57] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – modulación BOC).  
A Software-Defined GPS and GALILEO Receiver: A Single Frequency Approach (Kai Borre, Dennis M. Akos, Nicolaj Bertelsen, Peter Rinder, Soren Holdt Jensen) (2007). Pág. x.
- [58] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – modulación MBOC).  
Satellite Systems for Personal Applications. Concepts and Technology (M. Richharia, L. D. Westbrook) (2010). Pág. 202.
- [59] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – mensaje CNAV-2).  
[http://www.gpsworld.com/gnss-system/gps-modernization/future-wave-11401?page\\_id=4](http://www.gpsworld.com/gnss-system/gps-modernization/future-wave-11401?page_id=4)  
[30/05/2011].

- [60] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales).  
<http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/>  
[30/05/2011].
- [61] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevas señales – M-Code).  
[http://www.mitre.org/work/tech\\_papers/tech\\_papers\\_00/betz\\_overview/betz\\_overview.pdf](http://www.mitre.org/work/tech_papers/tech_papers_00/betz_overview/betz_overview.pdf)  
[31/05/2011].
- [62] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevos satélites – Sistema DASS).  
<http://searchandrescue.gsfc.nasa.gov/dass/funding.html>  
[31/05/2011].
- [63] Sistema de Posicionamiento Global: futuro del GPS (nuevos satélites).  
<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>  
[31/05/2011].
- [64] Sistema de Posicionamiento Global: otros sistemas GNSS (GLONASS – COSPAS-SARSAT).  
<http://www.cospas-sarsat.org/index.php?lang=en>  
[07/06/2011].
- [65] Sistema de Posicionamiento Global: otros sistemas GNSS (GLONASS).  
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/guide/index.php>  
[07/06/2011].
- [66] Sistema de Posicionamiento Global: otros sistemas GNSS (GALILEO).  
[http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC\\_galileo\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_galileo_0.html)  
[09/06/2011].
- [67] Sistema de Posicionamiento Global: otros sistemas GNSS (COMPASS).  
<http://www.sinodefence.com/space/spacecraft/beidou2.asp>  
[13/06/2011].
- [68] Gestión de Flotas: localización del vehículo (GPRS).  
GPRS Networks (Geoff Sanders, Lionel Thorens, Manfred Reinsky, Oliver Rulik, Stefan Deylitz) (2003). Pág. 17.
- [69] Estructura de la aplicación: protocolo de comunicación (TCP/IP).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_Protocol\\_Suite](http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol_Suite)  
[24/06/2011].
- [70] Futuras líneas de desarrollo: evolución hacia una aplicación web (Struts).  
<http://struts.apache.org/>  
[29/06/2011].
- [71] Futuras líneas de desarrollo: nueva base de datos (Oracle).  
<http://www.oracle.com/us/products/database/index.html>  
[29/06/2011].
- [72] Futuras líneas de desarrollo: nueva base de datos (Hibernate).  
<http://www.hibernate.org/>  
[29/06/2011].
- [73] Futuras líneas de desarrollo: nueva base de datos (SQL).  
<http://www.sql.org/>  
[29/06/2011].
- [74] Futuras líneas de desarrollo: uso de GPRS (Wi-Fi).  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>  
[05/07/2011].





# Índice (anexos)

<b>A. Manual de usuario: servidor .....</b>	<b>5</b>
A.1. Pantalla general .....	5
A.1.1. Menú .....	6
A.1.2. Área de la aplicación .....	8
A.1.3. Pie.....	8
A.2. Pantalla de 'Login' .....	9
A.3. Pantalla de 'Conexión' .....	10
A.3.1. Bloque servidor .....	11
A.3.2. Bloque clientes .....	11
A.3.3. Bloque log.....	12
A.4. Pantalla de 'Mapa' .....	13
A.4.1. Bloque clientes .....	13
A.4.2. Bloque mapa .....	14
A.4.3. Bloque info GPS.....	15
A.4.4. Bloque posiciones recibidas .....	16
A.5. Pantalla de 'Configuración de clientes' .....	17
A.5.1. Bloque seleccionar cliente .....	17
A.5.2. Bloque alta cliente.....	18
A.5.3. Bloque datos cliente.....	20
A.6. Pantalla de 'Trazas' .....	22
A.6.1. Bloque clientes borrados.....	23
A.6.2. Bloque botonera.....	23

A.6.3.	Bloque trazas del cliente .....	24
A.7.	Pantalla de 'Configuración de usuarios' .....	25
A.7.1.	Bloque crear usuario .....	26
A.7.2.	Bloque modificar usuario .....	27
A.7.3.	Bloque borrar usuario .....	28
A.8.	Pantalla de 'Contraseña' .....	29
<b>B.</b>	<b>Manual de usuario: cliente.....</b>	<b>31</b>
B.1.	Pantalla principal .....	32
B.1.1.	Bloque datos cliente.....	33
B.1.2.	Bloque datos GPS .....	34
B.1.3.	Bloque log.....	35
<b>C.</b>	<b>Sentencias NMEA 0183 .....</b>	<b>37</b>
C.1.	Identificadores de los equipos emisores .....	37
C.2.	Sentencias NMEA usadas por los equipos emisores .....	38

## Índice de figuras (anexos)

Fig. 1: pantalla general.....	6
Fig. 2: menú Archivo .....	6
Fig. 3: menú Usuario .....	7
Fig. 4: menú Conexión .....	7
Fig. 5: menú Mapa .....	8
Fig. 6: menú Ayuda .....	8
Fig. 7: acerca de.....	8
Fig. 8: pantalla de 'Login' .....	9
Fig. 9: pantalla de 'Conexión' .....	10
Fig. 10: bloque servidor .....	11
Fig. 11: bloque clientes .....	11
Fig. 12: bloque log.....	12
Fig. 13: pantalla de 'Mapa' .....	13
Fig. 14: bloque clientes .....	13
Fig. 15: bloque mapa.....	14
Fig. 16: bloque info GPS .....	15
Fig. 17: bloque posiciones recibidas .....	16
Fig. 18: pantalla de 'Configuración de clientes' .....	17
Fig. 19: bloque seleccionar cliente.....	17
Fig. 20: bloque alta cliente.....	18
Fig. 21: mensaje alta cliente .....	19
Fig. 22: mensaje confirmación alta cliente .....	19

Fig. 23: bloque datos cliente .....	20
Fig. 24: mensaje modificar cliente .....	21
Fig. 25: mensaje guardar trazas .....	21
Fig. 26: pantalla de 'Trazas' .....	22
Fig. 27: bloque clientes borrados.....	23
Fig. 28: bloque botonera.....	23
Fig. 29: bloque trazas del cliente .....	24
Fig. 30: pantalla de 'Configuración de usuarios' .....	25
Fig. 31: bloque crear usuario .....	26
Fig. 32: bloque modificar usuario .....	27
Fig. 33: bloque borrar usuario .....	28
Fig. 34: pantalla de 'Contraseña' .....	29
Fig. 35: pantalla principal cliente .....	32
Fig. 36: bloque datos cliente.....	33
Fig. 37: indicador rojo .....	34
Fig. 38: indicador naranja .....	34
Fig. 39: indicador verde .....	34
Fig. 40: bloque datos GPS .....	34
Fig. 41: bloque log.....	35

# **Anexo A**

## **Manual de usuario: servidor**

A continuación se explicará el funcionamiento del servidor, describiendo cada pantalla, y viendo el funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte de él.

### **A.1. Pantalla general**

La pantalla general del Servidor está formada por tres áreas: la barra del menú, arriba (1); el área de la aplicación, en el centro (2); y un pie, abajo (3).

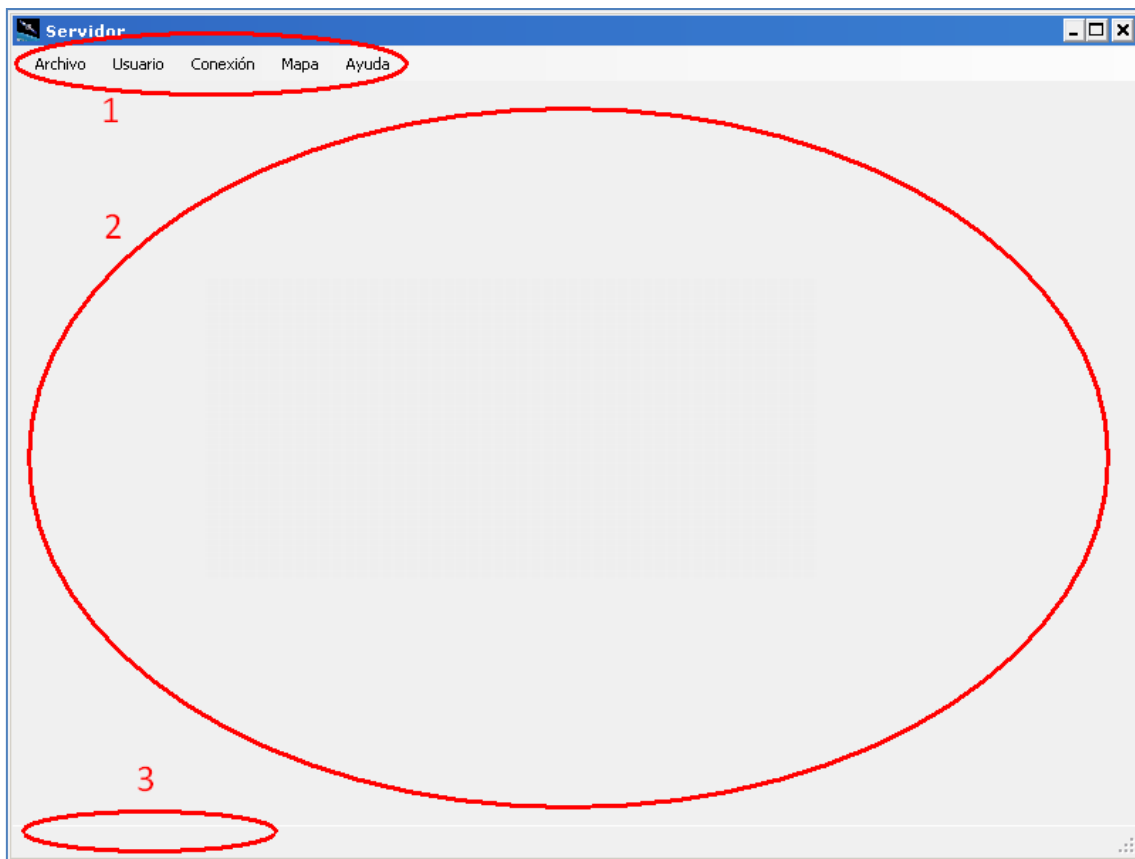


Fig. 1: pantalla general

#### A.1.1. Menú

El menú y los subsiguientes submenús estarían formados por los siguientes elementos:

- **Archivo:** controles generales.

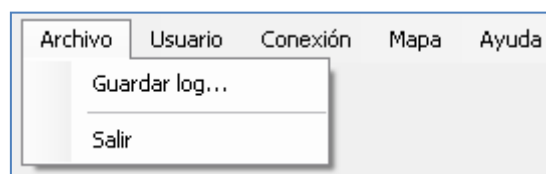


Fig. 2: menú Archivo

- **Guardar log...:** se guarda en un fichero de texto plano el log de la aplicación para el usuario conectado en ese momento. Para ello se despliega un menú del tipo *Guardar como...*
- **Salir:** sale de la aplicación.
- **Usuario:** controles de acceso y de modificación de los usuarios de la aplicación.

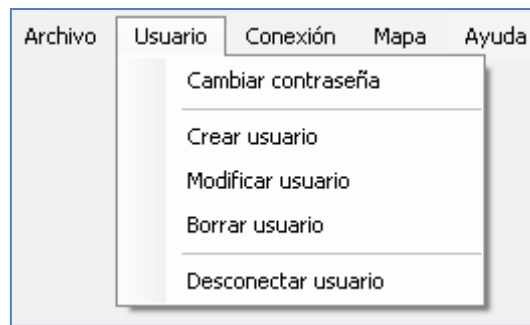


Fig. 3: menú Usuario

- **Cambiar contraseña:** se accede a la pantalla de 'Contraseña' donde el usuario que ha accedido puede cambiar su contraseña.
- **Crear usuario:** (sólo para usuarios conectados con perfil de Administrador) se accede a la pantalla de 'Configuración de usuarios', donde se puede dar de alta un nuevo usuario.
- **Modificar usuario:** (sólo para usuarios conectados con perfil de Administrador) se accede a la pantalla de 'Configuración de usuarios', donde se puede modificar el perfil de un usuario.
- **Borrar usuario:** (sólo para usuarios conectados con perfil de Administrador) se accede a la pantalla de 'Configuración de usuarios', donde se puede borrar un usuario.
- **Desconectar usuario:** se desconecta el usuario que está actualmente conectado sin cerrar la conexión con los clientes que estuvieran previamente conectados. Se accede a la pantalla de 'Login'.
- **Conexión:** controles para administrar las conexiones con los clientes y su configuración.

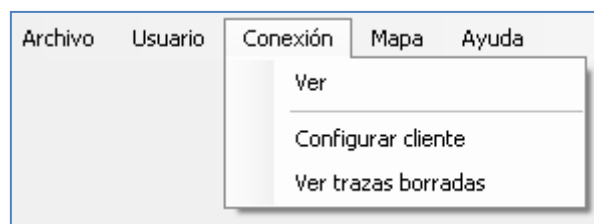


Fig. 4: menú Conexión

- **Ver:** se accede a la pantalla de 'Conexión', desde donde se puede controlar la conexión entre el servidor y los clientes, así como ver el log de la aplicación del usuario conectado en ese momento.
- **Configurar cliente:** se accede a la pantalla de 'Configuración de clientes', donde se pueden cambiar ciertos parámetros de configuración de los mismos.
- **Ver trazas borradas:** se accede a la pantalla de 'Trazas', donde se pueden administrar los clientes que se hayan borrado pero de los que aún se conserven las trazas de sus posiciones.
- **Mapa:** controles para ver las posiciones del cliente.

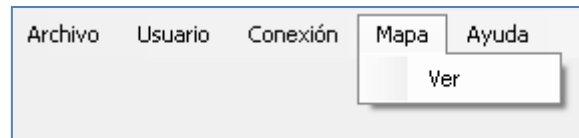


Fig. 5: menú Mapa

- **Ver:** se accede a la pantalla de 'Mapa', donde se pueden ver las posiciones del cliente, tanto gráficamente en Google Maps, como una a una desglosadas por sus parámetros.
- **Ayuda:** permite mostrar información de la aplicación.

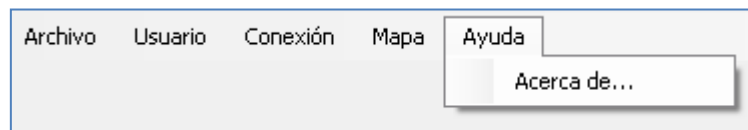


Fig. 6: menú Ayuda

- **Acerca de...:** muestra una descripción de la aplicación y su versión.

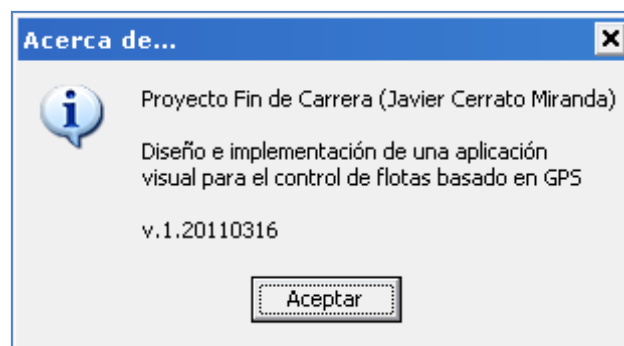


Fig. 7: acerca de...

### A.1.2. Área de la aplicación

Aquí se sitúan los elementos de la aplicación: botones, etiquetas, cajas de texto, etc...

### A.1.3. Pie

Permite ver mensajes de ayuda al pasar el ratón por encima de cada uno de los elementos de la aplicación.



## A.2. Pantalla de 'Login'

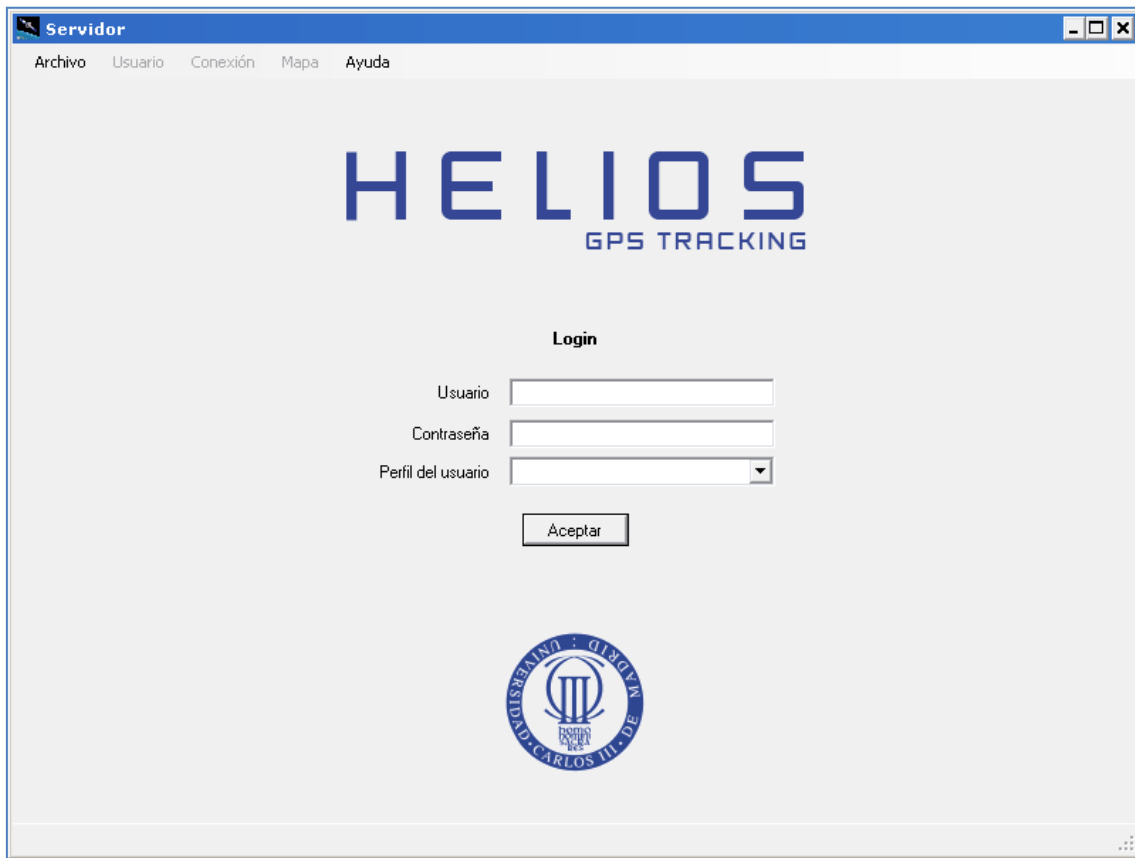


Fig. 8: pantalla de 'Login'

Mediante esta pantalla un usuario se puede conectar a la aplicación tras introducir su nombre de usuario, su contraseña, y el perfil de usuario que tenga asignado.

Los posibles perfiles de usuario son:

- **Operador:** el usuario entra en modo consulta. No puede modificar ningún parámetro de la aplicación, ni de los clientes, ni de otros usuarios, excepto su propia contraseña.
- **Gestor:** los mismos permisos que los del usuario *Operador*, además de poder modificar la configuración de los clientes que se conecten, así como arrancar y parar la conexión.
- **Administrador:** los mismos permisos que los del usuario *Gestor*, además de poder crear, modificar y borrar usuarios.

Una vez pulsado el botón *Aceptar*, si el nombre de usuario y la contraseña son correctos, y el usuario tiene los permisos correspondientes al perfil seleccionado, se accede a la pantalla de conexión.

### A.3. Pantalla de 'Conexión'

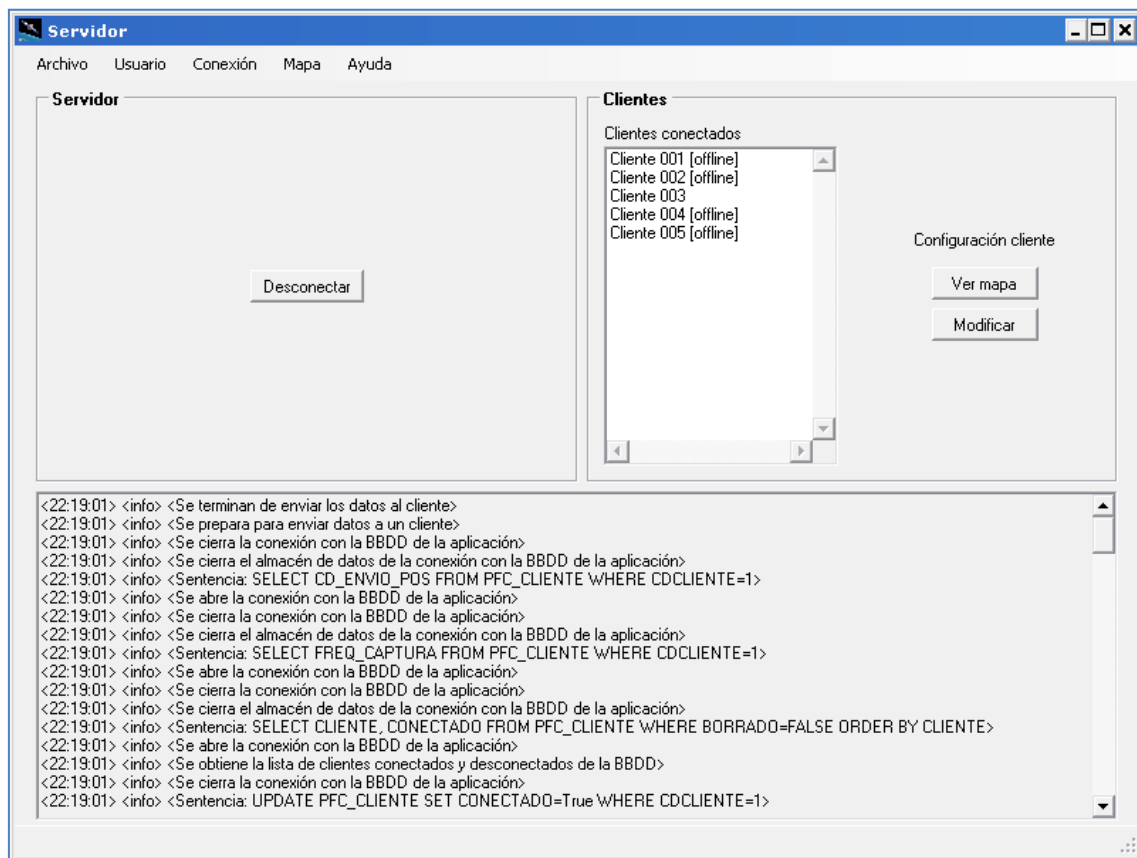


Fig. 9: pantalla de 'Conexión'

En esta pantalla se encuentran los controles para iniciar y parar la conexión con los clientes, un acceso directo para ver las posiciones de un cliente, un acceso directo para configurar un cliente concreto y el log de la aplicación del usuario.

Está formada por tres bloques.

### A.3.1. Bloque servidor



Fig. 10: bloque servidor

Este bloque contiene un botón que permite iniciar o detener la conexión del servidor con los clientes. Cuando se pulsa por primera vez, el servidor inicia la conexión y se pone en modo escucha esperando solicitudes de conexión por parte de los clientes. Si se pulsa una segunda vez, se detienen todas las conexiones.

Únicamente pueden iniciar y parar la conexión aquellos usuarios que tengan perfil de *Gestor* o *Administrador*.

### A.3.2. Bloque clientes

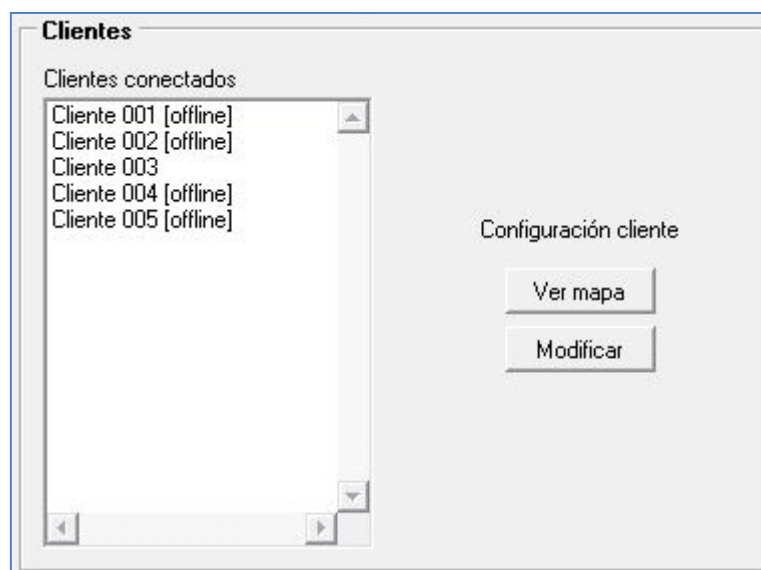


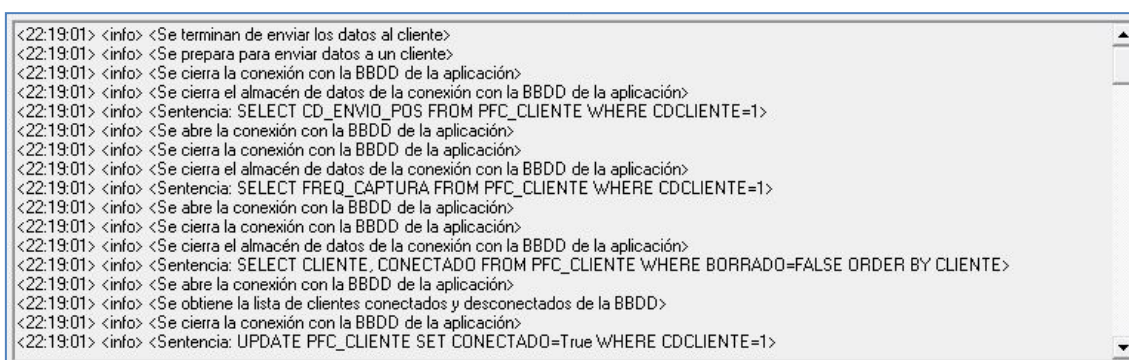
Fig. 11: bloque clientes

Mediante este bloque se pueden ver las posiciones de un cliente accediendo a la pantalla de 'Mapa' y modificar un cliente accediendo a la pantalla de 'Configuración de clientes'.

Está formado por una lista seleccionable donde se muestran los clientes dados de alta en la aplicación. Aquellos que no estén conectados incluyen al final de su nombre la etiqueta *[offline]*, de forma que en todo momento se sepa cuáles están conectados y cuáles no.

Al seleccionar un cliente de la lista y pulsar a continuación sobre uno de los dos botones, se accede a la pantalla de 'Mapa' (botón *Ver mapa*) o bien a la pantalla de 'Configuración de clientes' (botón *Modificar*).

### A.3.3. Bloque log



```
<22:19:01> <info> <Se terminan de enviar los datos al cliente>
<22:19:01> <info> <Se prepara para enviar datos a un cliente>
<22:19:01> <info> <Se cierra la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se cierra el almacén de datos de la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Sentencia: SELECT CD_ENVIO_POS FROM PFC_CLIENTE WHERE CDCLIENTE=1>
<22:19:01> <info> <Se abre la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se cierra la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se cierra el almacén de datos de la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Sentencia: SELECT FREQ_CAPTURA FROM PFC_CLIENTE WHERE CDCLIENTE=1>
<22:19:01> <info> <Se abre la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se cierra la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se cierra el almacén de datos de la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Sentencia: SELECT CLIENTE, CONECTADO FROM PFC_CLIENTE WHERE BORRADO=FALSE ORDER BY CLIENTE>
<22:19:01> <info> <Se abre la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Se obtiene la lista de clientes conectados y desconectados de la BBDD>
<22:19:01> <info> <Se cierra la conexión con la BBDD de la aplicación>
<22:19:01> <info> <Sentencia: UPDATE PFC_CLIENTE SET CONECTADO=True WHERE CDCLIENTE=1>
```

Fig. 12: bloque log

Se muestra el log de la aplicación para el usuario conectado en ese momento. Es un campo de sólo lectura con toda la información relevante de las acciones que se estén llevando a cabo en la aplicación (conexiones realizadas, clientes que se conectan, llamadas a base de datos, botones que se pulsan...).

Este log se puede guardar en formato de texto plano desde el menú *Archivo* → *Guardar log....*

Independientemente de que el usuario guarde o no su log, existe un log general con todas las acciones de todos los usuarios que se conecten a la aplicación. Este log se guarda en la carpeta raíz en la que se encuentre el ejecutable de la aplicación. Es un fichero de texto plano con el formato de nombre: *log\_AAAAMMDD.log*, donde AAAA es el año, MM el mes y DD el día. De esta forma, cada día se guardaría en un fichero de log distinto.

## A.4. Pantalla de 'Mapa'

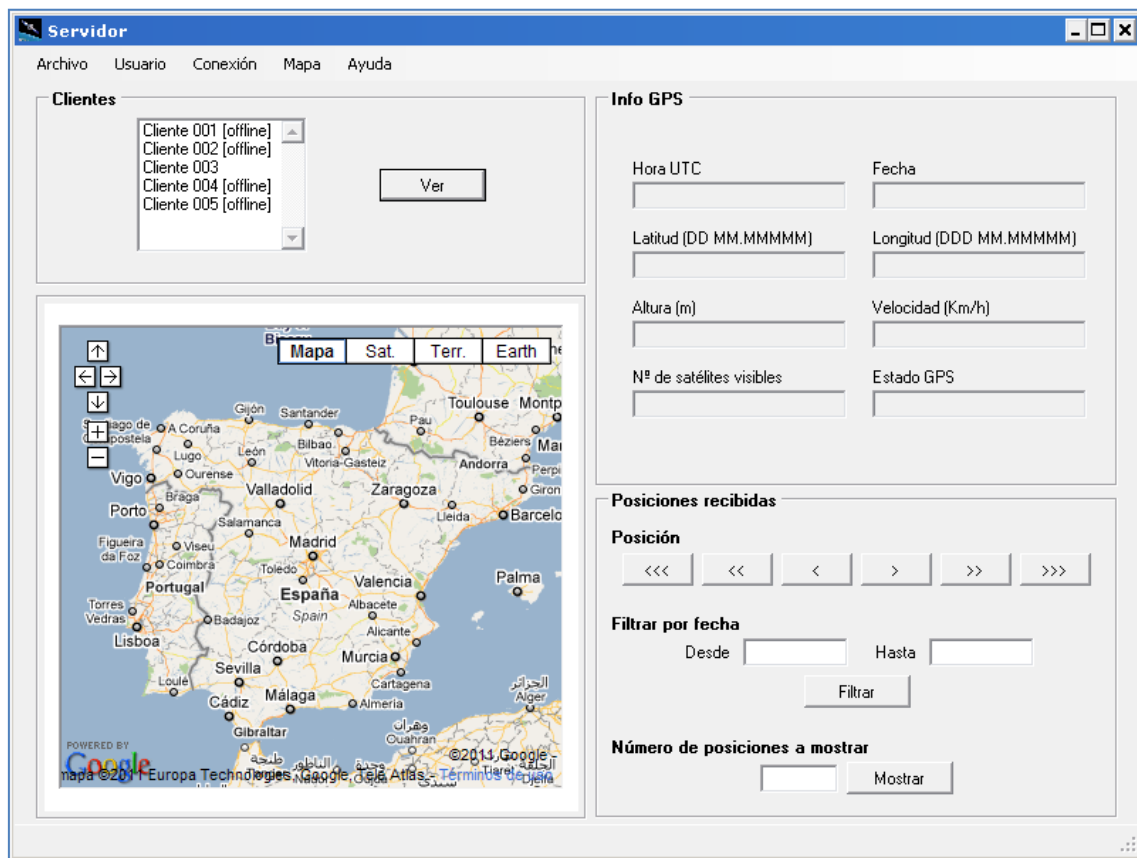


Fig. 13: pantalla de 'Mapa'

Esta pantalla contiene la información relativa a las posiciones de un cliente. Además de ver los elementos individuales de cada posición (latitud, longitud, altura...) también incluye un mapa con conexión a Google Maps donde ver la ruta seguida por el cliente. Así mismo se puede seleccionar un rango de fechas o un número determinado de las mismas a mostrar en el mapa.

Está formada por cuatro bloques.

### A.4.1. Bloque clientes

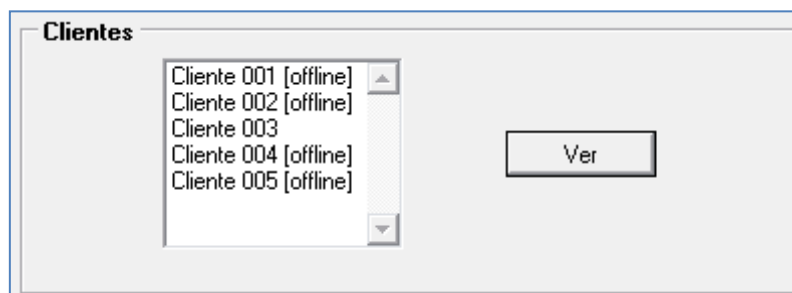


Fig. 14: bloque clientes

Este bloque permite seleccionar un cliente para ver sus posiciones. Está formado por una lista seleccionable donde marcar un cliente, y un botón *Ver* para acceder a las posiciones del cliente seleccionado. Al pulsar el botón, se muestran en el mapa las últimas 10 posiciones almacenadas del cliente, así como los datos de la última posición.

#### A.4.2. Bloque mapa

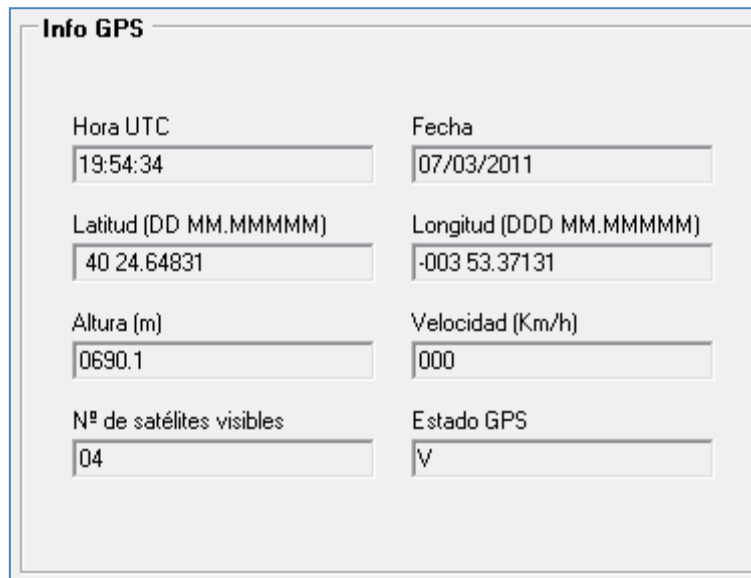


Fig. 15: bloque mapa

Muestra un navegador web con una conexión a Google Maps. Si hay un cliente seleccionado y el cliente tiene posiciones guardadas, se muestra la ruta que ha seguido el mismo. Además, por cada posición se muestra un globo que, al pinchar en él, muestra un resumen de esa posición.

Por limitaciones del Google Maps, el número máximo de posiciones a mostrar a la vez en el mapa es de 25.

#### A.4.3. Bloque info GPS



The 'Info GPS' window displays the following data:

Info GPS	
Hora UTC	Fecha
19:54:34	07/03/2011
Latitud (DD MM.MMMMM)	Longitud (DDD MM.MMMMM)
40 24.64831	-003 53.37131
Altura (m)	Velocidad (Km/h)
0690.1	000
Nº de satélites visibles	Estado GPS
04	V

Fig. 16: bloque info GPS

En este bloque se muestra información sobre la posición seleccionada. Todos los campos son de sólo lectura.

- **Hora UTC:** la hora UTC en que se ha capturado la posición.
- **Fecha:** la fecha en que se ha capturado la posición.
- **Latitud:** valor de la latitud en el formato DD MM.MMMMM.
- **Longitud:** valor de la longitud en el formato DDD MM.MMMMM.
- **Altura:** altitud sobre el nivel del mar en metros.
- **Velocidad:** velocidad en Km/h.
- **Nº de satélites visibles:** número total de satélites de los que el GPS está recibiendo señal.
- **Estado GPS:** puede tener dos valores: A (Active) y V (Void). Si es A significa que la posición obtenida por el GPS es correcta. Si es V significa que la posición no es exacta. Esto último puede ser debido a falta de visibilidad de los satélites, falta de sincronización...

#### A.4.4. Bloque posiciones recibidas

**Posiciones recibidas**

**Posición**

<<< << < > >> >>>

**Filtrar por fecha**

Desde  Hasta

Filtrar

**Número de posiciones a mostrar**

Mostrar

Fig. 17: bloque posiciones recibidas

Este bloque permite avanzar y retroceder por las posiciones para mostrar unas u otras, filtrar las mismas por fecha, o bien mostrar un número determinado de ellas.

- **Posición:** permite moverse por las distintas posiciones mediante seis botones:
  - <<<: accede a la primera posición almacenada en el filtro.
  - <<: salta diez posiciones hacia atrás desde la posición actual.
  - <: accede a la anterior posición almacenada.
  - >: accede a la siguiente posición almacenada.
  - >>: salta diez posiciones hacia delante desde la posición actual.
  - >>>: accede a la última posición almacenada en el filtro.
- **Filtrar por fecha:** se accede a las posiciones almacenadas en el rango de fechas que se ponga en los campos *Desde* y *Hasta*. Si los dos campos tienen la misma fecha o uno de ellos está vacío, se accede a las posiciones de ese día en concreto.
- **Número de posiciones a mostrar:** se indica el número de posiciones que se van a mostrar en el mapa. Este valor tiene que estar comprendido entre 1 y 25, ya que Google Maps no permite mostrar más posiciones a la vez.



## A.5. Pantalla de 'Configuración de clientes'

**Servidor**

Archivo Usuario Conexión Mapa Ayuda

**Seleccionar cliente**

**Clientes conectados**

001 [offline]  
002 [offline]  
003 [offline]  
004 [offline]  
005 [offline]

Ver

**Alta cliente**

Nombre cliente

Contraseña

Repetir contraseña

Frecuencia de captura de la trama de posición

Mandar posiciones

Alta

**Datos cliente**

Nombre actual	Frecuencia actual	Envío posición actual
001	10	Si

**Nombre**

Nuevo nombre cliente

**Contraseña**

Contraseña antigua

Contraseña nueva

Repetir contraseña nueva

**Frecuencia de captura de la trama de posición**

☒ Automatica

☐ Manual (en segundos)

**Mandar posiciones**

Guardar cambios Borrar cliente

Fig. 18: pantalla de 'Configuración de clientes'

Mediante esta pantalla se puede dar de alta un nuevo cliente, modificar sus propiedades, o borrarlo, bien definitivamente o bien conservando sus trazas. Sólo aquellos usuarios que tengan permisos de *Gestor* o *Administrador* pueden acceder a esta pantalla.

Está formada por tres bloques.

### A.5.1. Bloque seleccionar cliente

**Seleccionar cliente**

**Clientes conectados**

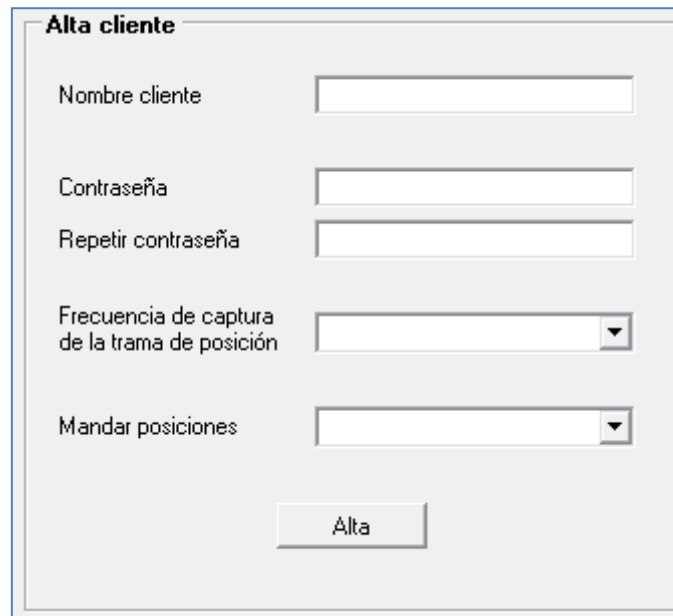
001 [offline]  
002 [offline]  
003 [offline]  
004 [offline]  
005 [offline]

Ver

Fig. 19: bloque seleccionar cliente

Mediante este bloque se puede seleccionar un cliente para modificarlo o borrarlo. Está formado por una lista seleccionable *Cientes conectados* donde marcar un cliente, y por un botón *Ver* para seleccionar el cliente marcado. Al pulsar el botón se muestran los datos del cliente que estuviera seleccionado permitiendo así el poder modificar esos datos, o bien borrar el cliente.

#### A.5.2. Bloque alta cliente



Alta cliente

Nombre cliente

Contraseña

Repetir contraseña

Frecuencia de captura de la trama de posición

Mandar posiciones

Alta

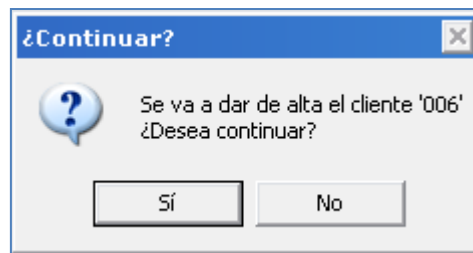
Fig. 20: bloque alta cliente

Mediante este bloque se puede dar de alta un nuevo cliente. Para ello, es necesario introducir el nombre del cliente, su contraseña, la frecuencia de captura de tramas de posición, y si manda o no posiciones. Para asegurarse que la contraseña introducida es correcta, es necesario ponerla dos veces.

La frecuencia de captura viene definida por tres posibles valores: alta (se recoge una posición cada 10 segundos), media (se recoge una posición cada 30 segundos), o baja (se recoge una posición cada 60 segundos).

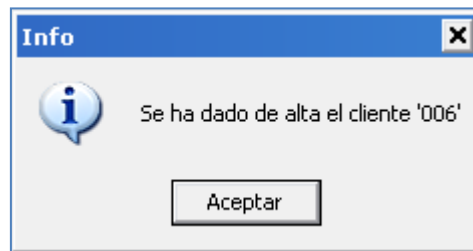
El nombre del cliente y la contraseña vienen definidos en el propio cliente, por lo que para que éste se dé correctamente de alta, es necesario introducir esos valores en concreto.

Una vez introducidos todos los datos, al pulsar el botón *Alta* se preguntará si se desea dar de alta el usuario cuyos datos acabamos de poner.



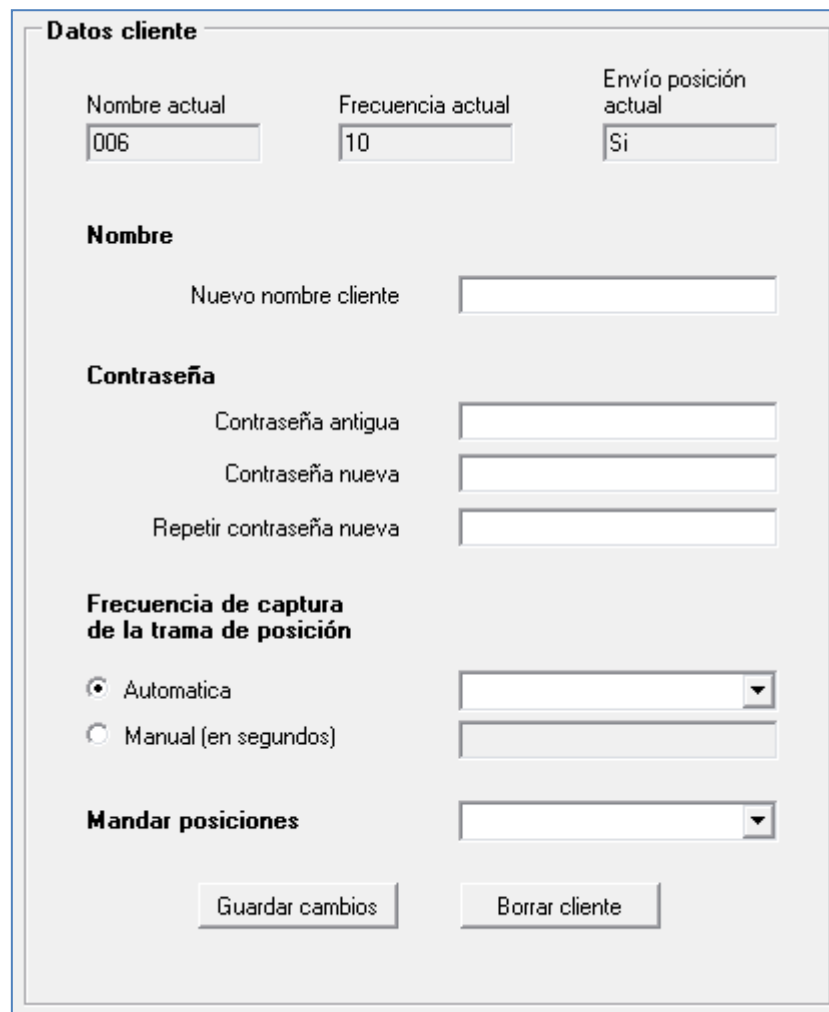
*Fig. 21: mensaje alta cliente*

Si se contesta afirmativamente, se dará de alta el cliente.



*Fig. 22: mensaje confirmación alta cliente*

### A.5.3. Bloque datos cliente



El formulario 'Datos cliente' está dividido en varias secciones. La primera sección, titulada 'Datos cliente', contiene tres campos de texto: 'Nombre actual' con el valor '006', 'Frecuencia actual' con el valor '10', y 'Envío posición actual' con el valor 'Si'. La segunda sección, titulada 'Nombre', contiene un campo de texto etiquetado 'Nuevo nombre cliente'. La tercera sección, titulada 'Contraseña', contiene tres campos de texto: 'Contraseña antigua', 'Contraseña nueva' y 'Repetir contraseña nueva'. La cuarta sección, titulada 'Frecuencia de captura de la trama de posición', contiene dos opciones de radio: 'Automatica' (seleccionada) y 'Manual (en segundos)', cada una con un campo de texto asociado. La quinta sección, titulada 'Mandar posiciones', contiene un campo de texto con una flecha hacia abajo. En la parte inferior del formulario hay dos botones: 'Guardar cambios' y 'Borrar cliente'.

Fig. 23: bloque datos cliente

Este bloque permite modificar o borrar el cliente seleccionado.

- **Datos del cliente:** la primera fila muestra los datos actuales del cliente: su nombre, su frecuencia y si envía o no posiciones.
- **Nombre:** si se introduce un nuevo nombre y se guardan los cambios, el nombre del cliente se modificará.
- **Contraseña:** para poder modificar la contraseña es necesario introducir tanto la antigua contraseña, como la nueva a la que se quiera cambiar. Además, por seguridad es necesario introducir dos veces la nueva contraseña.
- **Frecuencia de captura:** aquí se puede seleccionar la frecuencia de captura de posiciones. Se puede hacer de forma tanto automática (con los mismos valores que en el alta del cliente), como manual, introduciendo un valor (en segundos).
- **Mandar posiciones:** se indica si se van a mandar o no posiciones desde el cliente.

Por último, hay dos botones para guardar los cambios que se hayan introducido, o para borrar el cliente que esté seleccionado.

Si se pulsa el botón *Guardar cambios*, se mostrará un mensaje indicando confirmación para los cambios que se han introducido.

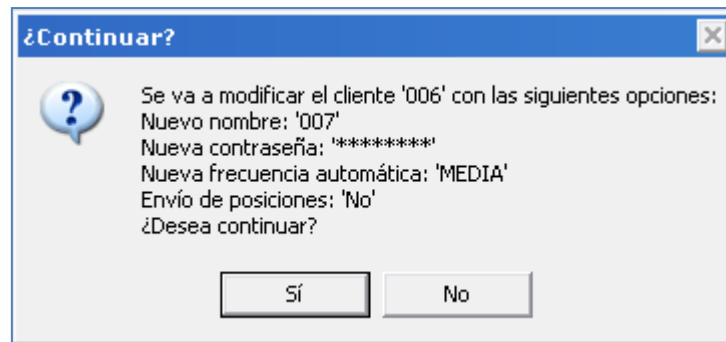


Fig. 24: mensaje modificar cliente

Si se contesta afirmativamente, se guardarán los cambios siempre que no se produzca un error. Estos errores pueden ser debidos a: que el nombre del cliente ya se esté utilizando, que la antigua contraseña sea incorrecta, que la nueva contraseña no cumpla con el formato correcto o que la frecuencia manual no esté comprendida entre los 10 y los 300 segundos. Además, tampoco se puede modificar el nombre o la contraseña de un cliente que no esté conectado, ya que si se hiciera, la próxima vez que se conectara no tendría los nuevos valores y no se podría autentificar en la aplicación.

Si se pulsa el botón *Borrar cliente*, se pregunta si se desea borrar definitivamente el cliente o bien conservar sus trazas.

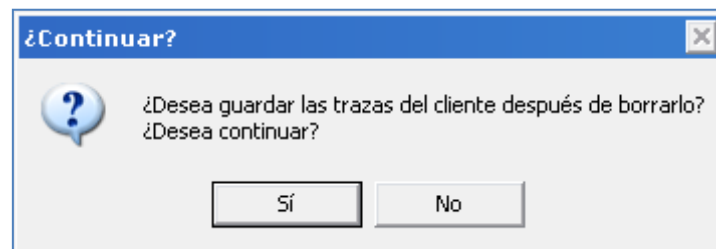


Fig. 25: mensaje guardar trazas

Si se contesta afirmativamente, el cliente se borrará pero sus trazas se conservarán. Para poder acceder a dichas trazas, se puede hacer a través de la pantalla de 'Trazas'.

## A.6. Pantalla de 'Trazas'

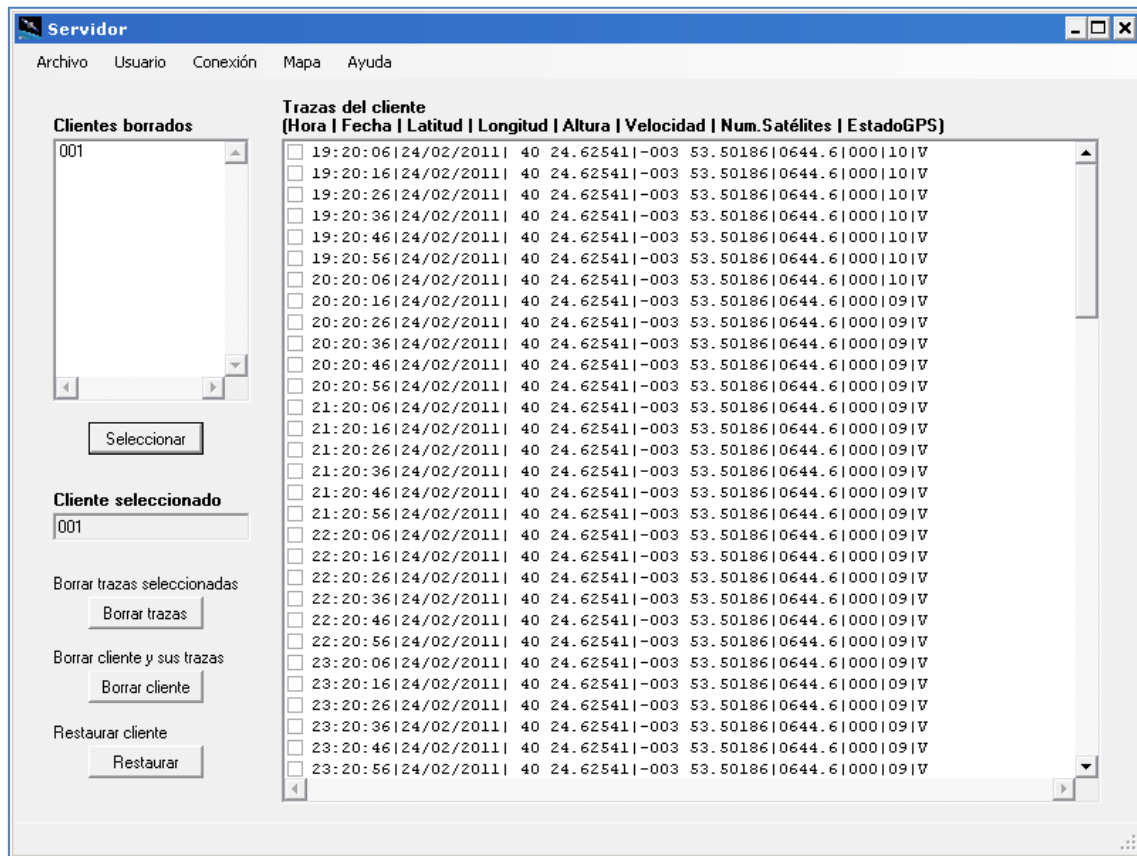


Fig. 26: pantalla de 'Trazas'

Esta pantalla permite acceder a las trazas de los clientes que se han borrado, pero de los que aún se conservan sus posiciones. En ella se pueden borrar trazas individuales de un cliente en concreto, borrar definitivamente un cliente, o restaurarlo para que aparezca de nuevo como no borrado.

Para poder acceder a esta pantalla es necesario que el usuario acceda con perfil *Gestor* o *Administrador*.

Está formada por tres bloques:

#### A.6.1. Bloque clientes borrados

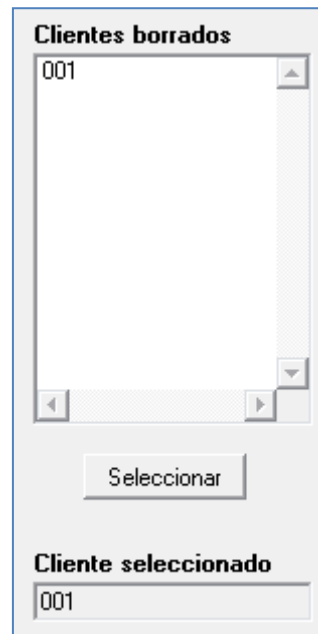


Fig. 27: bloque clientes borrados

Este bloque está formado por una lista de clientes borrados, un botón *Seleccionar*, y un campo de sólo lectura donde se muestra el cliente seleccionado. Al pulsar el botón, se selecciona el cliente que estuviera marcado en la lista.

#### A.6.2. Bloque botonera

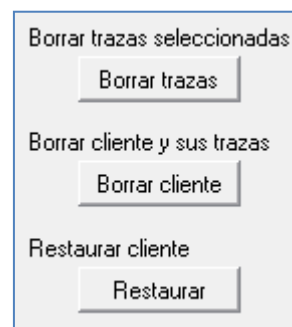


Fig. 28: bloque botonera

En este bloque existen tres botones que permiten realizar las tres operaciones comentadas antes. En cualquiera de los casos, es necesario que haya un cliente seleccionado para poder llevar a cabo las operaciones.

- **Borrar trazas:** al pulsar este botón, se borran las trazas seleccionadas en el bloque *Trazas del cliente*. Dichas trazas ya no podrán ser accesibles de nuevo.
- **Borrar cliente:** al pulsar este botón, el cliente se borra junto con todas sus trazas. No es reversible, por lo que si se acepta el borrado, éste es definitivo.

- **Restaurar:** al pulsar este botón, el cliente seleccionado vuelve a aparecer como activo en el resto de pantallas y sus trazas vuelven a ser accesibles.

### A.6.3. Bloque trazas del cliente

Trazas del cliente							
(Hora   Fecha   Latitud   Longitud   Altura   Velocidad   Num.Satélites   EstadoGPS)							
<input type="checkbox"/>	19:20:06	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	19:20:16	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	19:20:26	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	19:20:36	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	19:20:46	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	19:20:56	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	20:20:06	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 10 V
<input type="checkbox"/>	20:20:16	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	20:20:26	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	20:20:36	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	20:20:46	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	20:20:56	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:06	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:16	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:26	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:36	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:46	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	21:20:56	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:06	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:16	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:26	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:36	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:46	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	22:20:56	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:06	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:16	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:26	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:36	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:46	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V
<input type="checkbox"/>	23:20:56	24/02/2011	40	24.62541	-003	53.50186	0644.6 000 09 V

Fig. 29: bloque trazas del cliente

Este bloque está formado por una lista seleccionable en la que se muestran formateadas las trazas del cliente seleccionado. Cada una de las trazas se puede seleccionar para poder borrarla usando el botón *Borrar trazas*.

El formato de las trazas es cada uno de los campos de la misma separados por una barra vertical ('|').



## A.7. Pantalla de 'Configuración de usuarios'

The screenshot shows a software window titled 'Servidor' with a menu bar containing 'Archivo', 'Usuario', 'Conexión', 'Mapa', and 'Ayuda'. The main area is divided into three panels:

- Crear usuario:** Contains input fields for 'Usuario', 'Contraseña', 'Repetir contraseña', and a dropdown for 'Perfil del usuario'. A 'Crear' button is at the bottom.
- Modificar usuario:** Features a 'Usuarios' list box, a 'Ver' button, and input fields for 'Usuario', 'Perfil del usuario', and 'Nuevo perfil del usuario' (a dropdown). A 'Modificar' button is at the bottom.
- Borrar usuario:** Features a 'Usuarios' list box and a 'Borrar' button.

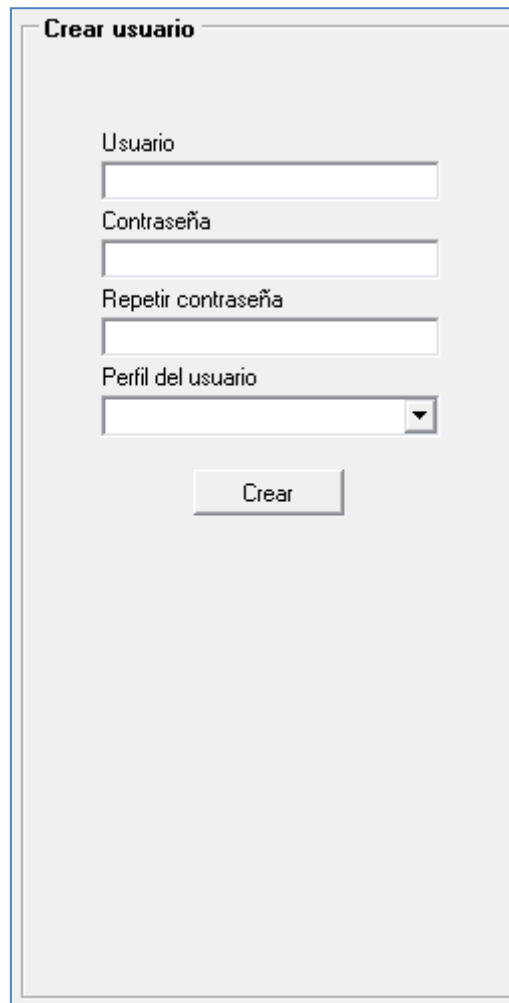
Fig. 30: pantalla de 'Configuración de usuarios'

Mediante esta pantalla se puede dar de alta un nuevo usuario, modificar sus parámetros, o borrarlo definitivamente. Según lo que se quiera hacer, sólo estará activo el bloque correspondiente.

Para poder acceder a esta pantalla es necesario que el usuario tenga perfil de *Administrador*.

Está formada por 3 bloques.

### A.7.1. Bloque crear usuario



Crear usuario

Usuario

Contraseña

Repetir contraseña

Perfil del usuario

Crear

Fig. 31: bloque crear usuario

Este bloque permite crear un nuevo usuario a partir de cuatro campos que hay que rellenar.

- **Usuario:** es el nombre que se le va a dar al usuario.
- **Contraseña:** contraseña del usuario.
- **Repetir contraseña:** para evitar posibles errores a la hora de introducir la contraseña ésta se tiene que poner dos veces.
- **Perfil del usuario:** perfil del usuario para poder acceder a la aplicación, entre *Operador*, *Gestor* y *Administrador*.

Un usuario con un perfil determinado puede acceder tanto con su perfil como con cualquiera inferior al suyo, pero nunca con uno superior. La escala de privilegios, de mayor a menor es: *Administrador* > *Gestor* > *Operador*.

Una vez rellenos todos los campos, y si el nombre de usuario y la contraseña cumplen con el formato correcto, al darle al botón *Crear* se da de alta un nuevo usuario.

### A.7.2. Bloque modificar usuario

El formulario 'Modificar usuario' contiene los siguientes elementos:

- Un título 'Modificar usuario' en la parte superior.
- Un campo de lista desplegable etiquetado 'Usuarios' que muestra 'gestor' y 'operador'.
- Un botón 'Ver' situado debajo de la lista de usuarios.
- Un campo de texto etiquetado 'Usuario'.
- Un campo de texto etiquetado 'Perfil del usuario'.
- Un campo de lista desplegable etiquetado 'Nuevo perfil del usuario'.
- Un botón 'Modificar' situado al final del formulario.

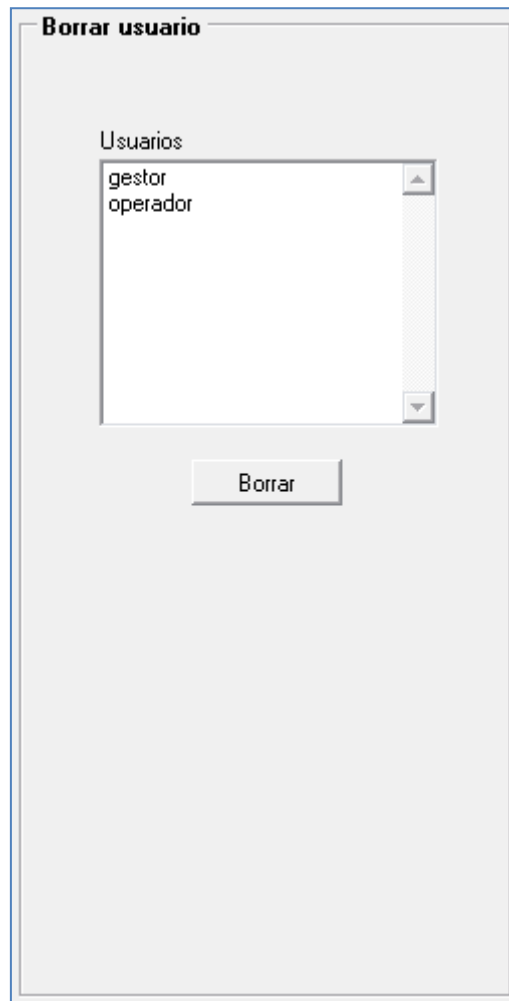
Fig. 32: bloque modificar usuario

Mediante este bloque se puede modificar el perfil de un usuario determinado. Para ello hay que seleccionar un usuario de la lista *Usuarios* y seleccionar un nuevo perfil, entre *Operador*, *Gestor* y *Administrador*.

En la lista de usuarios no aparece el usuario que está conectado en ese momento ya que así no se puede modificar los permisos a sí mismo.

Una vez que se ha indicado un nuevo perfil para el usuario seleccionado, al pulsar el botón *Modificar* queda modificado el perfil de dicho usuario.

### A.7.3. Bloque borrar usuario

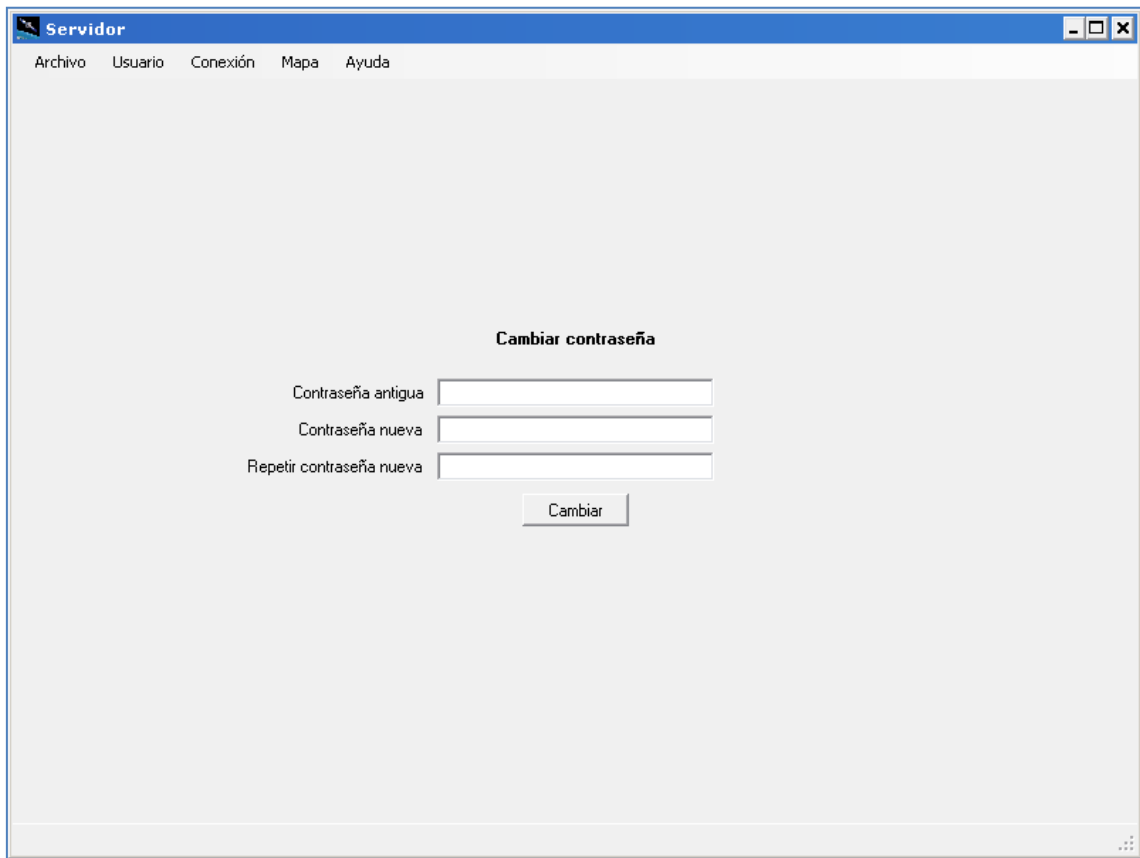


*Fig. 33: bloque borrar usuario*

Este bloque permite borrar el usuario seleccionado de la lista *Usuarios*. Una vez que el usuario se ha seleccionado, al pulsar el botón *Borrar* éste se elimina de la aplicación.

Para evitar que un usuario se borre a sí mismo, en la lista de usuarios no aparece el usuario que está conectado en ese momento a la aplicación.

## A.8. Pantalla de 'Contraseña'



The screenshot shows a window titled 'Servidor' with a menu bar containing 'Archivo', 'Usuario', 'Conexión', 'Mapa', and 'Ayuda'. The main content area is titled 'Cambiar contraseña'. It contains three text input fields with the following labels: 'Contraseña antigua', 'Contraseña nueva', and 'Repetir contraseña nueva'. Below these fields is a button labeled 'Cambiar'.

*Fig. 34: pantalla de 'Contraseña'*

Mediante esta pantalla un usuario puede cambiar su contraseña. Está formada por tres campos de texto donde se tiene que introducir la contraseña actual y dos veces la nueva contraseña a la que se desea cambiar. Esto es así por motivos de seguridad para evitar errores a la hora de introducir la nueva contraseña.

Una vez que se pulsa el botón *Cambiar* y si los campos cumplen el formato correcto, se modifica la contraseña del usuario.



# **Anexo B**

## **Manual de usuario: cliente**

A continuación se detallará el funcionamiento del cliente, enumerando los diferentes elementos que forman parte de él.

## B.1. Pantalla principal

The screenshot shows a window titled 'Cliente' with two main sections: 'Datos Cliente' and 'Datos GPS'. Below these is a log of system messages.

Datos Cliente		Datos GPS	
Estado conexión con servidor	<div><div></div><div></div><div></div></div>	Hora UTC	Fecha
Nombre Cliente	Cliente 003	00:05:05	06/01/80
Frecuencia de captura de trama	10	Latitud (DD MM.MMMMM)	Longitud (DDD MM.MMMMM)
Manda posiciones	Si	42 49.48967	-005 20.21626
		Altura (m)	Velocidad (Km/h)
		700.6	0
		Nº de satélites visibles	Estado GPS
		10	V

Log messages (bottom):

```
<19:47:47> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<19:47:47> <info> <Se procesa la trama recibida del servidor>
<19:47:47> <info> <Se han recibido datos del servidor>
<19:47:47> <info> <Se terminan de enviar los datos al servidor>
<19:47:47> <info> <Se prepara para enviar datos al servidor>
<19:47:47> <info> <Ha saltado el temporizador 'timeOutGPS'>
<19:47:38> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<19:47:38> <info> <Se van a guardar datos en el fichero de configuración>
<19:47:38> <info> <Se decodifica la trama de respuesta de login>
<19:47:38> <info> <Se procesa la trama recibida del servidor>
<19:47:38> <info> <Se han recibido datos del servidor>
<19:47:37> <info> <Se terminan de enviar los datos al servidor>
<19:47:37> <info> <Se deja el hilo de la conexión con el servidor en espera hasta que suceda algún error>
<19:47:37> <info> <Se prepara para enviar datos al servidor>
<19:47:37> <info> <Se codifica la trama de login>
<19:47:37> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<19:47:37> <info> <Se comienza la preparación del cliente para poder recibir datos del servidor>
<19:47:37> <info> <Se ha recibido respuesta a la petición de conexión>
```

Fig. 35: pantalla principal cliente

El cliente sólo dispone de una pantalla desde la que realizar todas sus acciones. Dado que el cliente es autónomo, no se dispone de ningún elemento con el que interactuar. Una vez que la aplicación se arranca, automáticamente comienzan a ejecutarse los diferentes procesos que se llevan a cabo en él.

La única manera de configurar el cliente es a través de su fichero de configuración. En cada línea, el nombre del parámetro tiene que terminar con dos puntos ':', al igual que el final de la línea. De esta manera se puede diferenciar qué parte es el nombre del parámetro y qué parte el valor del mismo. En el fichero tienen que aparecer los siguientes parámetros.

```
nombreCliente:Cliente 003:
password:003:
freqCaptura:10:
mandarPos:SI:
puerto:COM3:
```

- **nombreCliente:** es el nombre del cliente. Con este nombre se autentifica en el servidor.
- **password:** contraseña del cliente.



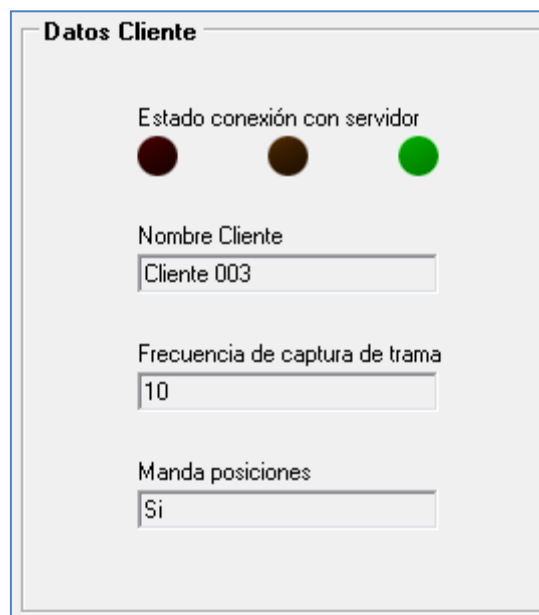
- **freqCaptura:** es el tiempo (en segundos) que el cliente espera entre cada evento de capturar y enviar una posición al servidor.
- **mandarPos:** indica si se mandan o no posiciones al servidor.
- **puerto:** dado que el equipo GPS necesita conectarse a un puerto serie donde volcar la información de las posiciones capturadas, en esta línea se indica el puerto donde la aplicación va a leer dichas posiciones.

Este fichero no se debe modificar, ya que cualquier cambio en él se puede hacer desde el servidor de manera más segura.

En caso de querer dar de alta un nuevo cliente, entonces sí se debe modificar el fichero con los parámetros de dicho cliente. Cuando se le dé de alta en el servidor, los parámetros deben ser los mismos.

La pantalla principal está formada por tres bloques.

#### B.1.1. Bloque datos cliente



The screenshot shows a window titled "Datos Cliente". At the top, under the heading "Estado conexión con servidor", there are three colored circles: a red one, a brown one, and a green one. Below this, there are four input fields: "Nombre Cliente" with the value "Cliente 003", "Frecuencia de captura de trama" with the value "10", and "Manda posiciones" with the value "Si".

*Fig. 36: bloque datos cliente*

Este bloque contiene información sobre el cliente y su estado. Está formado por tres campos donde se muestra el nombre del cliente, la frecuencia de captura de posiciones (en segundos), y si manda o no posiciones al servidor.

Además, contiene tres indicadores que permiten comprobar el estado de la conexión del cliente de un vistazo rápido según el color que tengan.

- **Indicador rojo:** existe algún problema en la conexión. El servidor está caído, hay algún error en el fichero de configuración, no existe conexión entre el cliente y el servidor...



Fig. 37: indicador rojo

- **Indicador naranja:** se está iniciando la conexión y se espera a que el cliente se autentifique correctamente en el servidor.



Fig. 38: indicador naranja

- **Indicador verde:** la conexión ha sido satisfactoria y todo está funcionando correctamente.



Fig. 39: indicador verde

### B.1.2. Bloque datos GPS

**Datos GPS**

Hora UTC 00:42:58	Fecha 06/01/80
Latitud (DD MM.MMMMM) 42 49.48967	Longitud (DDD MM.MMMMM) -005 20.21626
Altura (m) 700.6	Velocidad (Km/h) 0
Nº de satélites visibles 10	Estado GPS V

Fig. 40: bloque datos GPS

En este bloque se muestra la información de la última posición capturada por el equipo GPS. Si existiera algún problema con la conexión con el GPS, estos campos aparecerían vacíos.

- **Hora UTC:** la hora UTC en que se ha capturado la posición.
- **Fecha:** la fecha en que se ha capturado la posición.

- **Latitud:** valor de la latitud en el formato DD MM.MMMMM.
- **Longitud:** valor de la longitud en el formato DDD MM.MMMMM.
- **Altura:** altitud sobre el nivel del mar en metros.
- **Velocidad:** velocidad en Km/h.
- **Nº de satélites visibles:** número total de satélites de los que el GPS está recibiendo señal.
- **Estado GPS:** puede tener dos valores: A (Active) y V (Void). Si es A significa que la posición obtenida por el GPS es correcta. Si es V significa que la posición no es exacta. Esto último puede ser debido a falta de visibilidad de los satélites, falta de sincronización...

### B.1.3. Bloque log

```
<20:09:43> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<20:09:43> <info> <Se procesa la trama recibida del servidor>
<20:09:43> <info> <Se han recibido datos del servidor>
<20:09:43> <info> <Se terminan de enviar los datos al servidor>
<20:09:43> <info> <Se prepara para enviar datos al servidor>
<20:09:43> <info> <Ha saltado el temporizador 'timeOutGPS'>
<20:09:35> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<20:09:35> <info> <Se van a guardar datos en el fichero de configuración>
<20:09:35> <info> <Se decodifica la trama de respuesta de login>
<20:09:35> <info> <Se procesa la trama recibida del servidor>
<20:09:35> <info> <Se han recibido datos del servidor>
<20:09:33> <info> <Se terminan de enviar los datos al servidor>
<20:09:33> <info> <Se deja el hilo de la conexión con el servidor en espera hasta que suceda algún error>
<20:09:33> <info> <Se prepara para enviar datos al servidor>
<20:09:33> <info> <Se codifica la trama de login>
<20:09:33> <info> <Se espera de forma asíncrona a que el servidor envíe datos>
<20:09:33> <info> <Se comienza la preparación del cliente para poder recibir datos del servidor>
<20:09:33> <info> <Se ha recibido respuesta a la petición de conexión>
```

Fig. 41: bloque log

En este bloque se va mostrando toda la información relativa al cliente. Cada acción que se ejecuta (capturas y envíos de posición, errores, estado de la conexión...) queda reflejada aquí de forma que se puede consultar en cualquier momento.

Además, se guarda un log general con toda la información del cliente relativa a un día. Este log se guarda en la carpeta raíz en la que se encuentre el ejecutable de la aplicación. Es un fichero de texto plano con el formato de nombre: *log\_AAAAMMDD.log*, donde AAAA es el año, MM el mes y DD el día.



# Anexo C

## Sentencias NMEA 0183

### C.1. Identificadores de los equipos emisores

Para todos los tipos de sentencia, algunos de los identificadores de los equipos emisores son:

AG	Autopilot – General
AP	Autopilot – Magnetic
CC	Computer – Programmed Calculator (obsoleto)
CD	Communications – Digital Selective Calling (DSC)
CM	Computer – Memory Data (obsoleto)
CR	Communications – Receiver/Beacon Receiver
CS	Communications – Satellite
CT	Communications – Radio Telephone (MF/HF)
CV	Communications – Radio Telephone (VHF)
CX	Communications – Scanning Receiver
DE	DECCA Navigation (obsoleto)
DF	Direction Finder
DM	Velocity Sensor, Speed Log, Water, Magnetic
EC	Electronic Chart Display & Information System (ECDIS)
EP	Emergency Position Indicating Beacon (EPIRB)
ER	Engine Room Monitoring Systems
GL	GLONASS, de acuerdo al IEIC 61162-1
GN	Mezcla de datos de GPS y GLONASS, de acuerdo al IEIC 61162-1

GP	Global Positioning System (GPS)
HC	Heading – Magnetic Compass
HE	Heading – North Seeking Gyro
HN	Heading – Non North Seeking Gyro
II	Integrated Instrumentation
IN	Integrated Navigation
LA	Loran A (obsoleto)
LC	Loran C (obsoleto)
MP	Microwave Positioning System (obsoleto)
OM	OMEGA Navigation System (obsoleto)
OS	Distress Alarm System (obsoleto)
P	Código Propietario
RA	RADAR y/o ARPA
SD	Sounder, Depth
SN	Electronic Positioning System, otro/general
SS	Sounder, Scanning
TI	Turn Rate Indicator
TR	TRANSIT Navigation System
VD	Velocity Sensor, Doppler, other/general
VW	Velocity Sensor, Speed Log, Water, Mechanical
WI	Weather Instruments
YC	Transducer – Temperature (obsoleto)
YD	Transducer – Displacement, Angular or Linear (obsoleto)
YF	Transducer – Frequency (obsoleto)
YL	Transducer – Level (obsoleto)
YP	Transducer – Pressure (obsoleto)
YR	Transducer – Flow Rate (obsoleto)
YT	Transducer – Tachometer (obsoleto)
YV	Transducer – Volume (obsoleto)
YX	Transducer
ZA	Timekeeper – Atomic Clock
ZC	Timekeeper – Chronometer
ZQ	Timekeeper – Quartz
ZV	Timekeeper – Radio Update, WWV or WWVH

## **C.2. Sentencias NMEA usadas por los equipos emisores**

Las sentencias generales que se han usado hasta la versión V4.00 son:

AAM	Waypoint Arrival Alarm
ALM	GPS Almanac Data

APA	Autopilot Sentence "A"
APB	Autopilot Sentence "B"
ASD	Autopilot System Data
BOD	Bearing – Waypoint to Waypoint
BWC	Bearing & Distance to Waypoint – Geat Circle
BWR	Bearing and Distance to Waypoint – Rhumb Line
BWW	Bearing – Waypoint to Waypoint
DBK	Depth Below Keel
DBS	Depth Below Surface
DBT	Depth below transducer
DCN	Decca Position
DPT	Depth of Water
DSC	Digital Selective Calling Information
DSE	Extended DSC
DSI	DSC Transponder Initiate
DSR	DSC Transponder Response
DTM	Datum Reference
FSI	Frequency Set Information
GBS	GPS Satellite Fault Detection
GGA	Global Positioning System Fix Data
GLC	Geographic Position, Loran-C
GLL	Geographic Position – Latitude/Longitude
GNS	Fix data
GRS	GPS Range Residuals
GSA	GPS DOP and active satellites
GST	GPS Pseudorange Noise Statistics
GSV	Satellites in view
GTD	Geographic Location in Time Differences
GXA	TRANSIT Position – Latitude/Longitude
HDG	Heading – Deviation & Variation
HDM	Heading – Magnetic
HDT	Heading – True
HFB	Trawl Headrope to Footrope and Bottom
HSC	Heading Steering Command
ITS	Trawl Door Spread 2 Distance
LCD	Loran-C Signal Data
MSK	Control for a Beacon Receiver
MSS	Beacon Receiver Status
MTW	Mean Temperature of Water
MWD	Wind Direction & Speed
MWV	Wind Speed and Angle
OLN	Omega Lane Numbers
OSD	Own Ship Data
R00	Waypoints in active route
RMA	Recommended Minimum Navigation Information

RMB	Recommended Minimum Navigation Information
RMC	Recommended Minimum Navigation Information
ROT	Rate Of Turn
RPM	Revolutions
RSA	Rudder Sensor Angle
RSD	RADAR System Data
RTE	Routes
SFI	Scanning Frequency Information
STN	Multiple Data ID
TDS	Trawl Door Spread Distance
TFI	Trawl Filling Indicator
TLL	Target Latitude and Longitude
TPC	Trawl Position Cartesian Coordinates
TPR	Trawl Position Relative Vessel
TPT	Trawl Position True
TRF	TRANSIT Fix Data
TTM	Tracked Target Message
VBW	Dual Ground/Water Speed
VDR	Set and Drift
VHW	Water speed and heading
VLW	Distance Traveled through Water
VPW	Speed – Measured Parallel to Wind
VTG	Track made good and Ground speed
VWR	Relative Wind Speed and Angle
WCV	Waypoint Closure Velocity
WDC	Distance to Waypoint – Great Circle
WDR	Distance to Waypoint – Rhumb Line
WNC	Distance – Waypoint to Waypoint
WPL	Waypoint Location
XDR	Cross Track Error – Dead Reckoning
XTE	Cross-Track Error – Measured
XTR	Cross Track Error – Dead Reckoning
ZDA	Time & Date – UTC, day, month, year and local time zone
ZDL	Time and Distance to Variable Point
ZFO	UTC & Time from origin Waypoint
ZTG	UTC & Time to Destination Waypoint

Además de éstas, la versión V4.00 incluye las siguientes sentencias:

ACF	General AtoN Station Configuration Command
ACG	Extended General AtoN Station Configuration Command



ACM	Preparation and initiation of an AIS Base Station addressed channel management message (ITU-R M.1371 Message 22)
ADS	Automatic device status
AFB	AtoN Forced Broadcast Command
AGA	Preparation and initiation of an AIS Base Station broadcast of a group assignment message (Message 23)
AID	AtoN Identification Configuration Command
AKD	Acknowledge Detail Alarm Condition
ALA	Set Detail Alarm Condition
ASN	Preparation and initiation of an AIS Base Station broadcast of assignment VDL Message 16
BCG	Base Station configuration, General command
BCL	Base Station configuration, Location command
CBR	Configure Broadcast Rates for AIS AtoN Station Message Command
CEK	Configure Encryption Key Command
COP	Configure the Operational Period, Command
CPC	Configure Parameter-code for UNIX time parameter
CPD	Configure Parameter-code for destination - identification parameter
CPG	Configure Parameter-code for the sentence - grouping parameter
CPN	Configure Parameter-code for the line - count parameter
CPR	Configure Parameter-code for relative time parameter
CPS	Configure Parameter-code for the source identification parameter
CPT	Configure Parameter-code for general alphanumeric string parameter
DCR	Device Capability Report
DDC	Display Dimming Control
DLM	Data link management slot allocations for Base Station
DOR	Door Status Detection
ECB	Configure broadcast rates for Base Station messages with epoch planning support
ETL	Engine Telegraph Operation Status
EVE	General Event Message
FIR	Fire Detection
FSR	Frame summary of AIS reception
GAL	Galileo Almanac Data
GEN	Generic Status Information
GFA	GNSS Fix Accuracy and Integrity
GLL	Geographic Position - Latitude/Longitude
GMP	GNSS Map Projection Fix Data
GNS	GNSS Fix Data
GRS	GNSS Range Residuals
GSA	GNSS DOP and Active Satellites
GSV	GNSS Satellites in View
HBT	Heartbeat Supervision Report
HSC	Heading Steering Command
HSS	Hull Stress Surveillance Systems
MEB	Message input for Broadcast, Command

NAK	Negative Acknowledgement
NRM	NAVTEX Receiver Mask Command
POS	Device Positions and Ship Dimensions Report or Configuration Command
PRC	Propulsion Remote Control Status
RMC	Recommended Minimum Specific GNSS Data
RST	Equipment ReSeT command
SID	Set an equipment's IDentification command
SPO	Select AIS device's processing and output
TBR	TAG Block Report
TBS	TAG Block listener Source-identification configuration command
TFR	Transmit feed-back report
TPC	Transmit slot Prohibit Command
TRC	Thruster Control Data
TRD	Thruster Response Data
TSA	Transmit slot assignment
TSP	Transmit slot prohibit
TSR	Transmit slot prohibit status report
TTD	Tracked Target Data
TUT	Transmission of Multi-Language Text
VER	Version
VSI	VDL signal information
WAT	Water Level Detection

Por último, en el desarrollo de la versión V4.10 se van a incluir las siguientes sentencias:

ABK	AIS Addressed and Binary Broadcast Acknowledgement
AIR	AIS Interrogation Request
BBM	AIS Broadcast Binary Message
CBR	Configure Broadcast Rates for AIS AtoN Station Message Command
MEB	AIS Message Input for Broadcast Command
SSD	AIS Ship Static Data